

TECHNISCHE HOCHSCHULE OSTWESTFALEN-LIPPE

M.Sc. Landschaftsarchitektur

Integrierte Zielarten-Mischpflanzung

Entwicklung eines intelligenten Werkzeugs für wildbienenengerechte
Pflanzplanung urbaner Räume

Jessica Gabler



Integrierte Zielarten-Mischpflanzung

Entwicklung eines intelligenten Werkzeugs für wildbienenengerechte
Pflanzplanung urbaner Räume

M.Sc. Landschaftsarchitektur

Masterarbeit
Im Studiengang

M.Sc. Landschaftsarchitektur

Fachbereich 9
Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
TH OWL Höxter

überarbeitete Version
vorgelegt von

Jessica Gabler

15488071
geb. in Wiesbaden

Vorwort der Verfasserin

Weltweit schreitet die Urbanisierung voran, während wertvolle Lebensräume und mit ihnen viele Insektenarten verloren gehen. Die Bedeutung urbaner Gebiete als Rückzugsräume und deren Potenzial für die Biodiversität gewinnt dadurch stark an Bedeutung. Gleichzeitig steigt unser Anspruch an städtische Freiräume: diese sollen vor allem funktionalen und ästhetischen Ansprüchen genügen und zudem kostengünstig realisierbar sein.

Um gezielten Artenschutz mit gestalterisch hochwertiger Pflanzplanung zu vereinen, wird das Wissen aus den Mischpflanzungskonzepten der Arbeitskreise Pflanzenverwendung des Bund deutscher Staudengärtner (BdS) mit dem Wissen um die Beziehungen zwischen Wildbienen und Blütenpflanzen als ihren Pollenquellen aus der Fachliteratur fusioniert.

Die hierdurch ermöglichten sogenannten Zielarten-Mischpflanzungen folgen dem Strukturtypenaufbau der klassischen Staudenverwendung und integrieren die Pollenquellen frei wählbarer Wildbienenarten als Zielarten.

Um Zielarten-Mischpflanzungen flächenwirksam planen zu können, wird in Kollaboration mit weiteren Forschungseinrichtungen innerhalb des Förderprojekts BeesUp! ein kostenfreies intelligentes Planungswerkzeug entwickelt, dass unter Berücksichtigung flächenspezifischer Parameter Zielarten-Mischpflanzungen konfiguriert.

In einem Zeitalter voranschreitender Digitalisierung und künstlicher Intelligenz stehen wir vor der Herausforderung, aus den Erkenntnissen von Wissenschaft und Praxis Lösungen zu entwickeln die, anders als bisher, verschiedenste Disziplinen umfassen. Die Idee dieser Arbeit, Ökologie und Gestaltung zu vereinen, ohne das Eine dem Anderen unterzuordnen, wird von der Überzeugung genährt, dass eine Koexistenz verschiedener Bedürfnisse möglich ist. Die Grundlagen für diese Arbeit wurden von leidenschaftlichen Gärtnern, Pflanzenverwendern und Wissenschaftlern über mehr als ein Jahrhundert zusammengetragen.

Es war mir leider oft nicht mehr möglich, sie um Rat zu fragen, ihre Meinung zu hören, und mir blieb nichts, als der Versuch.

Ich lege Ihnen also diesen Versuch vor und bitte Sie um Nachsicht und um Kritik. Ich bitte Sie darum, diese Idee von einer ökologischen Pflanzenverwendung gemeinsam weiterzuentwickeln.

Höxter, im November 2024

angefertigt in Kollaboration der TH OWL
mit dem Institut für Bienenschutz des Julius-Kühn-Instituts
Braunschweig und der Technischen Universität Ilmenau im Rahmen des
Förderprojekts „BeesUp“

Sommersemester 2024

Erstbetreuer: Dr. Mathias Lohr
Zweitbetreuer: Dipl.-Ing. Henri Greil

Tag der Abgabe: 05. September 2024

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Wissenschaftliche Grundlagenermittlung

1. Einleitung.....	1
2. Material & Methoden.....	11
2.1 Mischpflanzungsparameter.....	12
2.1.1 Funktionstypen und Anzahl der Taxa	13
2.1.2 Identifikation der Funktionstypen	14
2.1.3 Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank	14
2.2 Wildbienen	15
2.2.1 Ernährungsweise und Phänologie	15
2.2.2 Pollenquellen	16
3. Ergebnisse	19
3.1 Mischpflanzungsparameter.....	19
3.1.1 Funktionstypen und Anzahl der Taxa	19
3.1.2 Identifikation der Funktionstypen	26
3.1.3 Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank	30
3.2 Wildbienen	33
3.2.1 Ernährungsweise und Phänologie	33
3.2.2 Pollenquellen.....	36
4. Diskussion	47
4.1 Mischpflanzungsparameter.....	47
4.1.1 Funktionstypen und Anzahl der Taxa	47
4.1.2 Identifikation der Funktionstypen	53
4.1.3 Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank	55
4.2 Wildbienen	57
4.2.1 Ernährungsweise und Phänologie	57
4.2.2 Pollenquellen	58

Teil II: Entwicklung des intelligenten Planungswerkzeugs

5. Konzept	63
5.1 Bepflanzungstyp: Integrierte Zielarten-Mischpflanzung	64
5.2 Konditionen	65
5.2.1 Artenpool	66
5.2.2 Pflanzabstände	67
5.2.3 Gesamtartenzahl	68
5.2.4 Lebensformen	69
5.2.5 Pollenquellen	73
5.2.6 Akzeptanzbildner: Gerüstbildner & Dauerblüher	75
5.2.7 Begleitarten	78
5.2.8 Bodendecker	79
5.2.9 Frühjahrsgeophyten	80
5.2.10 Farbgestaltung	81
5.3 Voreinstellungen	83
5.3.1 Flächengröße	85
5.3.2 Winterhärte	85
5.3.3 Lebensbereich	86
5.3.4 pH-Wert	99
5.3.5 Zielhöhe der Pflanzung	100
5.3.6 Giftige Pflanzen	100
5.3.7 Herkunft	101
5.3.8 Bundesland	102
5.3.9 Zielarten	103
5.4 Verwendungsscore	105
5.5 Ausgabe: Integrierte Zielarten-Mischpflanzung	107
5.6 Boden, Substrat & Mulch	108
5.7 Pflegekonzept: Sukzessionspflege	112
5.8 Evaluation der ausgegebenen Zielarten-Mischpflanzungen	117
5.9 Zertifizierung von umgesetzten Zielarten-Mischpflanzungen	122
6. Fazit	123
Danksagung	129

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Oligolektisch: <i>Colletes similis/daviesanus</i> an ihrer bevorzugten Pollenquelle <i>Tanacetum vulgare</i>	1
Abb. 2: Streng oligolektisch: <i>Hoplitis adunca</i> an ihrer im deutschen Verbreitungsgebiet einzigen autochthonen Pollenquelle <i>Echium vulgare</i>	1
Abb. 3: Genutztes Flächenpotenzial am Lügder Ortseingang.	3
Abb. 4: Ungenutztes Flächenpotenzial am Ortseingang einer Stadt.	4
Abb. 5: Insektenfreundliche Saatgutmischung vor dem Kirchplatz in Pfahlbruch im Juni 2024.	5
Abb. 6: In vorkonfektionierten Saatgutmischungen dominieren oft wenige ohnehin häufige Pflanzenarten.	5
Abb. 7: Wichtige Schlüsselarten <i>Echium vulgare</i> und <i>Anthemis tinctoria</i>	5
Abb. 8: Der Botanische Garten Höxter Oktober 2022.	7
Abb. 9: Integrierte Mischpflanzung Sommernachtstraum.	8
Abb. 10: Anfang August bei den Sandhöhlen im Heers, Harz	18
Abb. 11: Wildbiene des Jahres 2024: <i>Xylocopa violaceae</i> an <i>Salvia sclarea</i>	18
Abb. 12: Absolute Häufigkeit insgesamt verwendeter Taxa je Mischpflanzung.	19
Abb. 13: Absolute Häufigkeit insgesamt verwendeter Taxa je Mischpflanzung der Lebensbereichskategorien.	20
Abb. 14: Absolute Häufigkeit der Taxa für die Funktionstypen von Mischpflanzungen.....	21
Abb. 15: Prozentuale Anteile wichtiger Funktionstypen in Mischpflanzungen.....	22
Abb. 16: Durchschnittliche absolute Häufigkeit wichtiger Funktionstypen in Mischpflanzungen	22
Abb. 17 Durchschnittliche absolute Häufigkeit der Taxa wichtiger Funktionstypen	23
Abb. 18: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Gerüstbildner	24
Abb. 19: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Begleitstaude.....	24
Abb. 20: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Bodendecker	24
Abb. 21: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Zwiebeln & Knollen.....	24
Abb. 22: Verteilung der Gerüstbildner auf Arten und Sorten	25
Abb. 23: Am häufigsten verwendete Arten und Arten mit den am häufigsten verwendeten Sorten.	25
Abb. 24: Prozentualer Anteil der Geselligkeitsstufen der für Mischpflanzungen deklarierten Gerüstbildner.	27
Abb. 25: Lebensformen der in Mischpflanzungen verwendeten Gerüstbildner.....	27
Abb. 26: Prozentualer Anteil der Geselligkeitsstufen der für Mischpflanzungen deklarierten Begleitstauden.	28
Abb. 27: Lebensformen der für Mischpflanzungen deklarierten Begleitstauden.	28
Abb. 28: Prozentualer Anteil der Geselligkeitsstufen der für Mischpflanzungen deklarierten Bodendecker	29
Abb. 29: Lebensformen der für Mischpflanzungen deklarierten Bodendecker	29
Abb. 30: Verfügbarkeit der Taxa nach der Filterung wichtiger Angaben	30
Abb. 31: Verteilung der 8.415 verfügbaren Taxa der Pflanzendatenbank nach Lebensbereichen.	31
Abb. 32: Verfügbarkeit der Taxa nach Erfüllung der für das intelligente Planungswerkzeug formulierten Konditionen zur Identifikation der Funktionstypen.	32
Abb. 33: Absolute Häufigkeit des Rote-Liste-Status für Deutschland	33
Abb. 34: Absolute Häufigkeiten der Ernährungsweisen heimischer Wildbienenarten.	34
Abb. 35: Normierte absolute Häufigkeit des Rote-Liste-Status für Deutschland	34
Abb. 36: Absolute Häufigkeit der nach zweiwöchigen Flugzeiträumen erfassten oligolektischen Wildbienenarten.....	35
Abb. 37: Absolute Häufigkeit der Taxa aus 511 durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ _{best})	36
Abb. 38: Gemittelte Verfügbarkeit, der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ _{best}) in der Pflanzendatenbank.....	37
Abb. 39: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ _{best}).....	37
Abb. 40: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ _{best}). <i>Hylaeus communis</i>	38
Abb. 41: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ _{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ _{best}) für <i>Hylaeus communis</i>	38
Abb. 42: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ _{best}). <i>Anthophora plumipes</i>	39
Abb. 43: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ _{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ _{best}) <i>Anthophora plumipes</i>	39
Abb. 44: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ _{best}). <i>Andrena hattorfiana</i>	41

Abb. 45: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ _{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ _{best}). <i>Andrena hattorfiana</i>	41
Abb. 46: Phänologische Überschneidung der Flugzeit von <i>Andrena hattorfiana</i> und ihrer Pollenquellen.	42
Abb. 47: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ _{best}). <i>Dasypoda hirtipes</i>	43
Abb. 48: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ _{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ _{best}).	43
Abb. 49: Phänologische Überschneidung der Flugzeit von <i>Dasypoda hirtipes</i> und ihrer Pollenquellen	44
Abb. 50: Gemittelte Steigerung des Pollenquellenpools in der Pflanzendatenbank für <i>Hylaeus communis</i> , <i>Anthophora plumipes</i> , <i>Andrena hattorfiana</i> und <i>Dasypoda hirtipes</i>	45
Abb. 51: Blütezeit und Phänologie von <i>Achillea filipendulina</i> und ihren Sorten sowie den an ihnen sammelnden oligolektischen Wildbienenarten	46
Abb. 52: Ith-Kamm im April 2024	49
Abb. 53: Sichtungsmodule trockener Schatten im Botanischen Garten Höxter im Juli 2022.....	50
Abb. 54: Konzept der Lebensbereiche nach Professor Sieber	51
Abb. 55: Die Mischpflanzung Schattenzauber im August 2024	53
Abb. 56: Eine gut strukturierte Pflanzung im Botanischen Garten Höxter	54
Abb. 57: Artenvielfalt auf kleinstem Raum	56
Abb. 58: Zwischen blühendem <i>Sempervivum</i> gedeiht die winzige <i>Campanula cochleariifolia</i>	56
Abb. 59: Ein Bestand von <i>Knautia arvensis</i> auf dem Schwiemelkopf im Diemeltal	57
Abb. 60: Nicht wählerisch: Diese Maskenbiene der Gattung <i>Hylaeus</i> sammelt Pollen.....	59
Abb. 61: Schonstreifen am Ackerrand in Sabbenhausen	60
Abb. 62: Einfach mal blühen lassen	61
Abb. 63: Übersicht über das Konzept für die Entwicklung des intelligenten Planungswerkzeugs	63
Abb. 64: <i>Buddleja davidii</i> 'Ivory' aus der BUZZ-Serie.....	66
Abb. 65: Mischpflanzung mit Ansaat.....	68
Abb. 66: Die beliebte Pflanzengattung <i>Thymus</i> verholzt an der Basis und zählt damit zu den Gehölzen	69
Abb. 67: In der Pflanzenverwendung gängige Einteilung von Pflanzenarten.....	70
Abb. 68: Best practice- Beispiel einer Blühfläche an der Berliner Straße in Braunschweig	71
Abb. 69: Die südfranzösische Garrigue bei Cournonterral mit <i>Genista scorpius</i> und <i>Asphodelus cerasiferus</i> ..	72
Abb. 70: Die oligolektisch an Dipsacaceen sammelnde Sandbiene <i>Andrena hattorfiana</i>	74
Abb. 71: Gravel Garden von Beth Chatto	75
Abb. 72: Der Dauerblüher <i>Salvia nemorosa</i> 'Caradonna' als klassischer Dauerblüher	77
Abb. 73: Die Mischpflanzung Schattengeflüster im Botanischen Garten Höxter 2024.....	78
Abb. 74: <i>Potentilla verna</i> zwischen Kalkfelsen an der Ardèche in Frankreich.....	79
Abb. 75: <i>Hieracium pilosella</i> bildet oberirdische Ausläufer und ist Geselligkeitsstufe II zugeordnet.....	79
Abb. 76: Botanischer Garten Würzburg im April	80
Abb. 77: Staudenmischpflanzung in farbllichem Dreiklang.....	81
Abb. 78: Frisches Gelb läutet am 18. April 2024 den Frühling ein.....	82
Abb. 79: Zartes Lila und silberne Laubfarbe am 11. Mai 2024.....	82
Abb. 80: Blühende Terrassen aus Kalkfelsen bei Casteljau in Südfrankreich	84
Abb. 81: Die extensive Dachbegrünung auf dem Flachdach der TH OWL Höxter.....	84
Abb. 82: Winterhärtezonenmodell für Deutschland.....	85
Abb. 83: Trockenstress auf dem Dach der TH OWL im Juni 2022.....	91
Abb. 84: Entwurf eines Piktogramms für den urbanen Lebensbereich Dachgarten (D)	91
Abb. 85: Entwurf eines Piktogramms für den urbanen Lebensbereich Schwammstadt (S)	92
Abb. 86: Mediterrane Flusslandschaft	93
Abb. 87: Hypothetische Dauer der Bodenfeuchte als Standortfaktor auf Retentions- und Versickerungsflächen des Lebensbereichs Schwammstadt (S)	94
Abb. 88: Kombination aus Versickerungsmulde und angeschlossenem Retentionsbecken in Höxter	95
Abb. 89: <i>Lythrum salicaria</i> siedelt natürlicherweise in nassen Wiesen uns Sümpfen.....	96
Abb. 90: <i>Melitta nigricans</i> sammelt ausschließlich den grünen Pollen von <i>Lythrum salicaria</i>	97

Abb. 91: <i>Lythrum</i> -Sichtung im Botanischen Garten Höxter von 2019 bis 2022.	98
Abb. 92: Der in Parks und Gärten häufig verwendete Neophyt <i>Lysimachia punctata</i>	98
Abb. 93: Sammelflug	104
Abb. 94: Hoher Verwendungsscore	105
Abb. 95: <i>Megachile ericetorum</i> sammelt Pollen an <i>Lathyrus latifolius</i>	106
Abb. 96: Mischpflanzung mit hohem Wildbienenscore.....	107
Abb. 97: Korngrößen zwischen 2 und 8 Millimetern als dekorative anorganische Mulchauflage.....	108
Abb. 98: Edelsplitt aus Kalk eignet sich gut als naturalistischer Wegebelag	108
Abb. 99: Bindemittelarmer Quarzsand bei den Sandsteinhöhlen in Heers im FFH-Gebiet 0203 im Harz.....	109
Abb. 100: Lebensraum von <i>Andrena vaga</i>	111
Abb. 101: Nestbau: <i>Andrena vaga</i> nistet endogäisch und besiedelt sandige und lehmige Böden.....	111
Abb. 102: Sieblinien verschiedener Böden und Annäherung an das Spektrum möglicher Sieblinien	111
Abb. 103: Der Übergang von Fertigstellungspflege zu Entwicklungspflege.....	113
Abb. 104: Selektives Jäten Im Schluchtwaldgarten des Botanischen Garten Höxter	115
Abb. 105: Gefürchtete Wurzelbeikräuter im Gartenbau.....	115
Abb. 106: <i>Cirsium vulgare</i>	116
Abb. 107: <i>Rumex obtusifolius</i>	116
Abb. 108: Brachliegende insektenfreundliche Saatgutmischung im vierten Standjahr in Sabbenhausen.....	116
Abb. 109: Vorversuch für eine standardisierte insektenfreundliche Staudenmischpflanzung	119
Abb. 110: Qualitätssiegel für Zielarten-Mischpflanzungen.....	122
Abb. 111: Pflanzenarten, die in Konkurrenzstärke und Ausbreitungsdrang gut zu vergesellschaften sind	123
Abb. 112: Spiel mit der Blütenform in der Gärtnerei Marx in Paderborn.	124
Abb. 113: Harmonische Kontraste durch Strukturen im Botanischen Garten Höxter.	125
Abb. 114: Die intelligente Wildbienenbestimmungs-App des JKI.....	126
Abb. 115: Inspiration aus der Landschaft	127

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Lebensbereichskategorien	12
Tab. 2: Testdatensatz für die Erweiterung der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best})	17
Tab. 3: Bestimmungsschlüssel für die urbanen Lebensbereiche	90
Tab. 4: Exemplarisches Rechenbeispiel für den Verwendungsscore für drei Pflanzenarten	106
Tab. 5: Datenblatt einer Zielarten-Mischpflanzung für pflegenden Fachkräfte	112
Tab. 6: Minimaler Pflegestandard für Zielarten-Mischpflanzungen	114
Tab. 7: Parameter-Testsätze Set 1 für erste Testläufe des intelligenten Planungswerkzeugs	117
Tab. 8: Parameter-Testsätze für die Evaluation von zwölf Zielarten-Mischpflanzungen durch Experten	118
Tab. 9: Evaluationsbogen	120
Tab. 10: Mischpflanzungen des BdS mit zugeordneten Lebensbereichen und Lebensbereichskategorien	134
Tab. 11: Flugzeiten oligolektischer Wildbienenarten	135
Tab. 12: Konditionen für die Zusammensetzung von Zielarten-Mischpflanzungen	138
Tab. 13: Konditionen für Voreinstellungen durch den Anwender	141
Tab. 14: Minimale Anzahl Pflanzen, die für die Versorgung einer Brutzelle benötigt wird.	142
Tab. 15: Empfehlung für die Ergänzung der Pflanzendatenbank um Gehölze	143
Tab. 16: Empfehlung für die Ergänzung der Pflanzendatenbank um Stauden	144
Tab. 17: Pflanzenfamilien und -gattungen mit Beziehungen zu oligolektischen Wildbienenarten	146

Teil I: Wissenschaftliche Grundlagenermittlung

*„When one tugs at a single thing in nature,
he finds it attached to the rest of the world...”*

~ John Muir (1838-1914)

1. Einleitung

Eine der großen Herausforderungen unserer Zeit ist die Erhaltung der Biodiversität (BARNOSKY et al. 2012: 57). Insekten stellen mit einem Anteil von > 60 % die artenreichste Tiergruppe auf der Erde dar. STORK (2018: 31) vermutet sogar, dass 80 % der global existierenden Insektenarten noch gar nicht beschrieben wurden. Mit der Krefeld-Studie (HALLMANN et al. 2017) wurde für Deutschland ein Rückgang der Insektenbiomasse um 76 % in 27 Jahren ermittelt. Diese und viele weitere Studien lösten internationales Entsetzen aus und trugen das Artensterben in die breite Öffentlichkeit. Als Konsequenz verabschiedete die Europäische Kommission 2019 eine Absichtserklärung innerhalb des European Green Deal, der unter anderem auch Ökosysteme schützen und das Artensterben stoppen will (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019: 15). Neben dem Rückgang der Biomasse, die eine erhebliche Auswirkung auf Nahrungsnetze, Bestäubungsleistung und ökologisches Gleichgewicht hat, wird weltweit auch das Aussterben von Arten und das Schrumpfen von Populationsgrößen beobachtet. Nach NOLTE (2019: 20) sind in Deutschland hauptsächlich Flächenverbrauch, die damit einhergehende Verinselung geeigneter Lebensräume, der Stickstoffeintrag und der hohe Pestizideinsatz der Landwirtschaft für das Insektensterben verantwortlich. Wildbienen (Apiformes) stellen mit etwa 600 in Deutschland verbreiteten Arten (SCHEUCHL et al. 2023: 8) eine vulnerable Insektengruppe dar, denn die Wildbienenarten haben komplexe Ansprüche an ihre Habitate (WESTRICH 2019: 304ff; WIESBAUER 2023: 139). Wildbienenarten sind bspw. unterschiedlich hoch spezialisiert und werden nach WESTRICH (2019: 294ff) je nach Grad der Bindung an die Pollenquellen in oligolektische Pollenspezialisten und nicht spezialisierte polylektische Wildbienenarten unterteilt. Der Grad der Oligolektie ist dabei nach WESTRICH (2018: 293) artspezifisch unterschiedlich und reicht von der Spezialisierung auf eine Pflanzenart als Pollenquelle wie bei *Hoplitis adunca*, die im deutschen Verbreitungsgebiet ausschließlich an *Echium vulgare* sammelt, bis hin zu Wildbienen wie *Andrena similis/daviesanus*, die neben der präferierten Pollenquelle *Tanacetum vulgare* auf verschiedene Gattungen aus der Familie der Asteraceen spezialisiert ist (Abb. 1 u. Abb. 2). Oft liegen nicht ausreichend

Daten vor, um sichere Aussagen bezüglich weiterer möglicher Pollenquellen treffen zu können. Pollen wird hauptsächlich für die Verproviantierung der Brut genutzt, während die Eigenernährung durch Nektar der Pollenquellen oder vor der Reproduktionsphase auch durch Nektar anderer Pflanzenarten erfolgt (WESTRICH 2019: 273, 282; WIESBAUER 2023: 48ff). Neben den artspezifischen Pollenquellen benötigen stabile Populationen auch geeignete Nist- und Überwinterungsstrukturen sowie Nistmaterial innerhalb einer sehr variablen artspezifischen Sammelflugdistanz (FRANZÉN et al. 2007: 92ff; ZURBUCHEN et al. 2010a: 671ff; ZURBUCHEN et al. 2010b: 364; WESTRICH 2019: 304ff; WIESBAUER 2023: 165). Diese Requisiten können auch innerhalb des Flugradius in getrennten Partialhabitaten vorliegen (WESTRICH 2019: 14). Der Verlust an geeigneten Habitaten

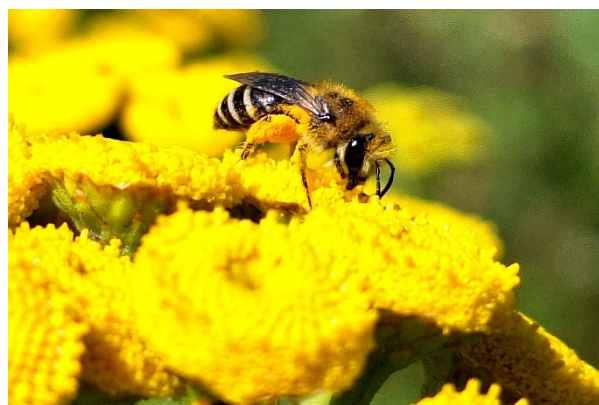


Abb. 1: Oligolektisch: *Colletes similis/daviesanus* an ihrer bevorzugten Pollenquelle *Tanacetum vulgare*. Grundsätzlich ist diese Wildbienenart auf Asteraceen spezialisiert.



Abb. 2: Streng oligolektisch: *Hoplitis adunca* an ihrer im deutschen Verbreitungsgebiet einzigen autochthonen Pollenquelle *Echium vulgare*. Quelle: M. LOHR

mit ausreichendem Blütenangebot in einer zunehmend ausgeräumten Kulturlandschaft schafft eine akute Bedrohungslage für Wildbienen (RICKETTS et al. 2008: 508). Vor allem durch die Eutrophierung der Flächen zur Ertragssteigerung werden nährstoffarme und damit artenreiche Flächen immer seltener. Der Verlust an Sonderstandorten wie Abbruchkanten oder offene Bodenstellen und Brachen, die für viele Wildbienenarten wichtige Niststrukturen bieten, bedrängt die Populationen zusätzlich. Bereits vor einer Dekade schrieben ZURBUCHEN & MÜLLER (2012: 5), dass je nach Land und Region zwischen 25 und 68 % der Wildbienenarten in der Roten Liste geführt werden. Alarmierend ist, dass inzwischen nicht nur Bestände hoch spezialisierter Wildbienenarten einbrechen, sondern zunehmend auch Bestände generalistischer Wildbienenarten (WIESBAUER 2023: 139), die aufgrund ihres breiteren Pollenspektrums resilienter auf sich rasch ändernde Umweltbedingungen reagieren können. Das durch Flächenverlust und Eutrophierung ohnehin kontinuierlich sinkende Blütenangebot wird durch die aktuellen Klimaentwicklungen zusätzlich verschärft (RAHIMI & JUNG 2024: 127). Obwohl Wildbienen durchaus wärmeliebend sind, kommt es aufgrund steigender Temperaturen zu einer Verschiebung der Phänologie, insbesondere verfrühter Blühzeitpunkte und veränderter Blühdauer der Pollenquellen bei gleichzeitiger Verschiebung der Flugzeit der Wildbienenarten. Wichtige Interaktionen zwischen Tieren und Pflanzen haben sich koevolutiv über lange Zeiträume entwickelt. Durch artspezifisch temperatur- oder tageslängeninduzierte Ereignisse wie Blütezeit oder Flugzeit entkoppeln sich solche Interaktionen zunehmend. Das hat zur Folge, dass sich Nahrungsverfügbarkeit und Reproduktionsrhythmus desynchronisieren können (PELLETIER & FORREST 2022: 6, UMWELTBUNDESAMT 2023). Durch die Fragmentierung der Landschaft können Populationen aufgrund ihres eingeschränkten Flugradius kaum auf neue potenzielle Habitate ausweichen. FRANZÉN et al. (2009: 93) haben für *Andrena hattorfiana* bei einer Untersuchung nur bei 2 % der Weibchen ein Ausweichen auf ein 900 m entferntes Habitat festgestellt, nachdem der gesamte Pollenquellenbestand durch eine Mahd vernichtet wurde. Für eine erfolgreiche Besiedelung weit entfernter Habitate fehlen oft

geeignete Korridore bzw. Trittsteine, auf die kleinere Populationen oder Teilpopulationen ausweichen können (GRIFFIN & HADDAD 2021: 924). Für stabile Populationen ist auch die Entfernung zwischen Pollenquelle und Nistplatz von Bedeutung. ZURBUCHEN et al. (2010b: 364) weisen darauf hin, dass kurze Sammelflughdistancen den Reproduktionserfolg erhöhen und empfehlen eine maximale Sammelflughdistanz zwischen 100 und 300 m. Neben der unbedingt erforderlichen Umgestaltung der Landnutzung mit Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und der Schaffung strukturreicher kleinräumiger Flächen mit Säumen und Brachen bieten auch urbane Flächen Lebensraum für Wildbienen und können als Korridore fungieren. Erstaunlich oft gleichen künstlich angelegte Straßenböschungen, Verkehrsinseln oder auch Fahrbahnrandstreifen natürlichen Sonderstandorten. Das Flächenpotenzial ist dabei enorm (Abb. 3). Nach Berechnung auf Grundlage des Stadtgrünraster Deutschland (BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG 2022: 32) liegt der Grünflächenanteil innerhalb von Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland in Gemeinden über 5.000 Einwohner bei 7.649 km². Das entspricht ungefähr 2 % der Gesamtfläche der BRD und gleichzeitig der Flächengröße der ausgewiesenen Naturschutzgebiete der BRD. Unter dem Begriff „urbanes Grün“ werden alle Formen grüner Freiräume und begrünter Gebäude, darunter Parkanlagen, Friedhöfe, Kleingärten, Brachflächen, Spielbereiche und Spielplätze, Sportflächen, Straßengrün und Straßenbäume, Siedlungsgrün, Grünflächen an öffentlichen Gebäuden, Naturschutzflächen und Wald im urbanen Siedlungsraum verstanden. Die Diversität urbaner Standorte erlaubt eine Kombination unterschiedlich beplanter Flächen und Nistraumangebote, die zusammen die Ansprüche verschiedener Wildbienenarten erfüllen können. Die Kenntnis um die Ansprüche der Wildbienenarten bezüglich Pollenquelle und Nistverhalten sind dabei für erfolgreiche Artenschutzmaßnahmen unabdingbar. Viele Wildbienenarten finden geeignete Habitate im Siedlungsbereich (WESTRICH 2019: 68ff, WIESBAUER et al. 2023: 93ff, WEBER et al. 2023). Darunter treten auch immer wieder überraschende Funde wie *Hylaeus moricei* auf, die nach WESTRICH (2019) in Schilfhalmen nistet und im Stadtgebiet Wiens an einem Schilfzaun gesichtet wurde (LANNER et al.

2020: 5). Nach einer Metaanalyse von BUCHHOLZ & EGERER (2020: 7ff) und aktuellen Arbeiten von DIETZEL et al. (2024), LANNER et al. (2020: 5) und WEBER et al. (2023: 8) werden im urbanen Bereich hauptsächlich polylektische Wildbienenarten gefunden. Im Umfeld des Zoologischen Instituts in Karlsruhe wurden 1980 auf 4.000 m² 68 Wildbienenarten festgestellt (WESTRICH 2019: 68ff). Der ehemalige Garten auf Sandboden lag zehn Jahre brach und bot ideale Bedingungen für viele bodennistende Arten. In München, einer der am dicht besiedelsten Städte Deutschlands wurden an fünf hochfrequentierten Hauptverkehrsstraßen Wildblumenmischungen ausgebracht und in Folge 78 Wildbienenarten, darunter elf oligolektische, festgestellt (DIETZEL et al. 2024). Bei einer Studie in Berlin wurden in 18 Gemeinschaftsgärten 102 Wildbienenarten aufgenommen, wovon ca. 68 % polylektisch sind und 74 % endogäisch nisten (FELDERHOFF et al. 2022). Nach WESTRICH (2019) und eigenen Beobachtungen werden von einigen Wildbienenarten sogar Pflasterfugen besiedelt. Neben dem Flächenpotenzial des urbanen Grüns existieren weitere Flächen, die oft als „sonstige“

oder „Unland“ klassifiziert werden (BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG 2022: 31). Oft eignen sich diese Flächen aufgrund ihrer Neigung oder Lage, z. B. im Regenschatten eines Gebäudes, nicht für eine Begrünung und bieten Potenzial für Partialhabitate wie z. B. vegetationsfreien sandigen Boden als Nistraum. Geeigneter Nistraum ist für stabile Populationen enorm wichtig. Von den 745 in Deutschland, Österreich und der Schweiz nachgewiesenen Wildbienenarten nisten rund 50 % in selbst gegrabenen Gängen im Boden, 3 % in selbst genagten Gängen in markhaltigen Pflanzenstängeln oder morschem Holz, 19 % in bestehenden Hohlräumen, 1 % der Arten bauen freistehende Nester aus Pflanzenharz oder mineralischem Mörtel. Die Nistweise von etwa 3 % ist bisher noch unbekannt. 24 % bzw. 191 Arten sind Kuckucksbienen, d.h. sie bauen keine eigenen Nester, sondern schmuggeln ihre Eier in die Brutzellen nestbauender Wildbienen (ZURBUCHEN & MÜLLER 2012: 57). FELDERHOFF et al. (2022) belegen, dass der Anteil endogäisch nistender Arten mit dem Anteil vegetationsfreier Bodenstellen positiv korreliert ist.



Abb. 3: Genutztes Flächenpotenzial am Lügder Ortseingang: Eine schmale Pflanzung zwischen Fahrbahnrand und Radweg mit den nordamerikanischen Präriestauden *Echinacea paradoxa* und *Asclepias tuberosa* und heimischen Trockenrasenarten wie *Origanum vulgare* und *Scabiosa ochroleuca*, die bei einigen Wildbienenarten beliebte Pollenquellen sind. Was diese Pflanzenarten eint, sind ähnliche Standortansprüche.

Viele Böden urbaner Flächen wie Verkehrsinseln und Fahrbahnrandstreifen sind stark verdichtet und mit Baustoffresten verfüllt. Solche Flächen eignen sich nicht für eine pflegeintensive Bepflanzung mit Prachtstauden, wie sie häufig noch angestrebt wird. Hier finden viele heimische Wildpflanzen bedrohter Sonderstandorte wie Kalkmagerrasen oder Abbruchkanten (WESTRICH 2019: 322) aufgrund ihrer Anpassung an Trockenstress und geringe Nährstoffverfügbarkeit ideale Wachstumsbedingungen (Abb. 4). Darunter befinden sich wichtige Pollenquellen wie *Anthemis tinctoria*, *Origanum vulgare* und *Echium vulgare*, die von KUPPLER et al. (2023: 6) als Schlüsselarten für zahlreiche Wildbienenarten identifiziert wurden (Abb. 7). Solche Schlüsselarten bieten entweder Pollen für viele polylektische Wildbienenarten oder wie *Echium vulgare* zusätzlich Pollen für streng oligolektische Arten wie *Hoplitis adunca* (WESTRICH 2019: 377) oder auf der Roten Liste (WESTRICH et al. 2011) als gefährdet geführte Arten wie *Hoplitis anthocopoides*. Doch auch auf besser versorgten Böden oder schattigeren Standorten gedeihen wichtige Pollenquellen der Saumgesellschaften wie *Geranium sylvaticum* oder *Lamium album*. Mit einem Netz aus temporär verfügbaren Flächen, z.B. auf ruhenden Baustellen, kann ein zusätzliches Pollenangebot durch annuelle

Pflanzenarten geschaffen werden. Die hohe Diversität urbaner Standorte ermöglicht auch eine hohe Diversität kleinräumiger und unterschiedlicher Bepflanzungen. Vegetationsdiversität, Phytodiversität und hohe Blütenquantität führen nach FELDERHOFF et al. (2022: 8), LANNER et al. (2020: 8) und WEBER et al. (2023: 13) unter Beachtung phänologischer Variation (DIETZEL et al. 2024: 6), zu einer höheren Zahl an Individuen und zu einer höheren Artenzahl auf urbanen Flächen. Wildbienen genießen als wichtige Bestäuber durch zahlreiche Aufklärungs-Kampagnen wie z. B. „Deutschland summt“ von der STIFTUNG FÜR MENSCH UND UMWELT (2024) inzwischen die Aufmerksamkeit und Sympathie breiter Bevölkerungsteile, sodass sie als „flagship species“ auf Artenschutzebene als „umbrella species“ fungieren können (MICHEZ et al. 2023: 1; ROBERGE et al. 2004: 9). Von Artenschutzprogrammen für bestimmte Wildbienenarten profitieren somit auch zahlreiche andere Wildbienenarten und andere Organismengruppen wie Schmetterlinge (Lepidoptera), da sie ähnliche Ansprüche an ihren Lebensraum stellen. Nach BALDOCK et al. (2019), FELDERHOFF et al. (2022: 9) und LANNER et al. (2020: 5) können urbane Flächen zu Hotspots der Biodiversität werden. Trotz des Wissens um geeignete Pollenquellen sind viele auf dem Markt



Abb. 4: Ungenutztes Flächenpotenzial am Ortseingang einer Stadt: Eine Steinschüttung in einem Kiesbett wurde spärlich mit Gehölzen bepflanzt. Ausläuferbildende Gräser müssen regelmäßig entfernt werden. Hier fehlen Gestaltung und ökologischer Wert. Auf einem solchen Sonderstandort könnten spezialisierte Pflanzenarten auch in wenig Substrat problemlos gedeihen.

erhältliche Saatgutmischungen standardisiert und viele wichtige Pollenquellen fehlen (KUPPLER et al. 2023: 6), wodurch eine hohe Vegetationsdiversität kaum erreicht werden kann (Abb. 5 u. Abb. 6). Dabei wird auch auf urbanen Flächen ein reiches Blütenangebot von März bis Oktober benötigt (LANNER et al. 2020: 11), das durch ungefüllt blühende Gehölze, Geophyten, Stauden und Annuelle gewährleistet werden kann. Aus naturschutzrechtlichen Gründen wird oft die Verwendung heimischer und häufiger auch autochthoner Pflanzenarten gefordert. BALDOCK et al. (2019) und CASANELLES-ABELLA et al. (2021: 5) haben in vier deutschen und fünf europäischen Großstädten festgestellt, dass auch ein breites Spektrum dort nicht-heimischer Pollenquellen von Wildbienen genutzt wurde. Eigene Beobachtungen bestätigen dieses Ausweichverhalten, dass vor allem für polylektische Arten zu erwarten ist, da sie weniger eng an ihre Pollenquellen gebunden sind. Neben der Akzeptanz von Pollenquellen anderer Florenregionen, die auch nicht im ausländischen Verbreitungsgebiet der Wildbienenarten vorkommen, werden auch Kultursorten als Pollenquellen genutzt. Nach eigenen Beobachtungen trifft dieses Verhalten auch auf oligolektische Wildbienenarten zu. So wurde *Melitta nigricans* an zahlreichen Sorten von



Abb. 5: Insektenfreundliche Saatgutmischung vor dem Kirchplatz in Vahlbruch, Landkreis Holzminden im Juni 2024.

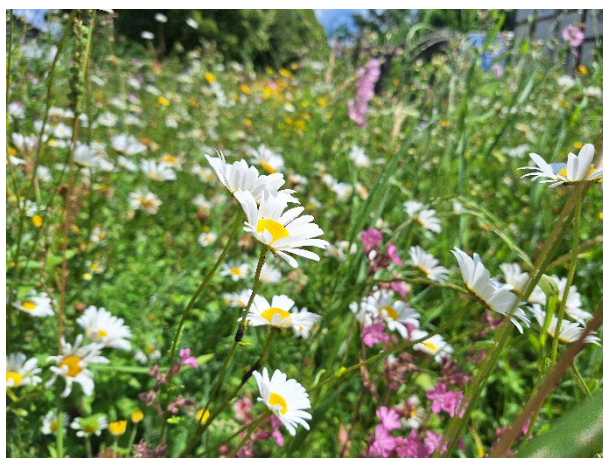


Abb. 6: In vorkonfektionierten Saatgutmischungen dominieren oft wenige ohnehin häufige Pflanzenarten.

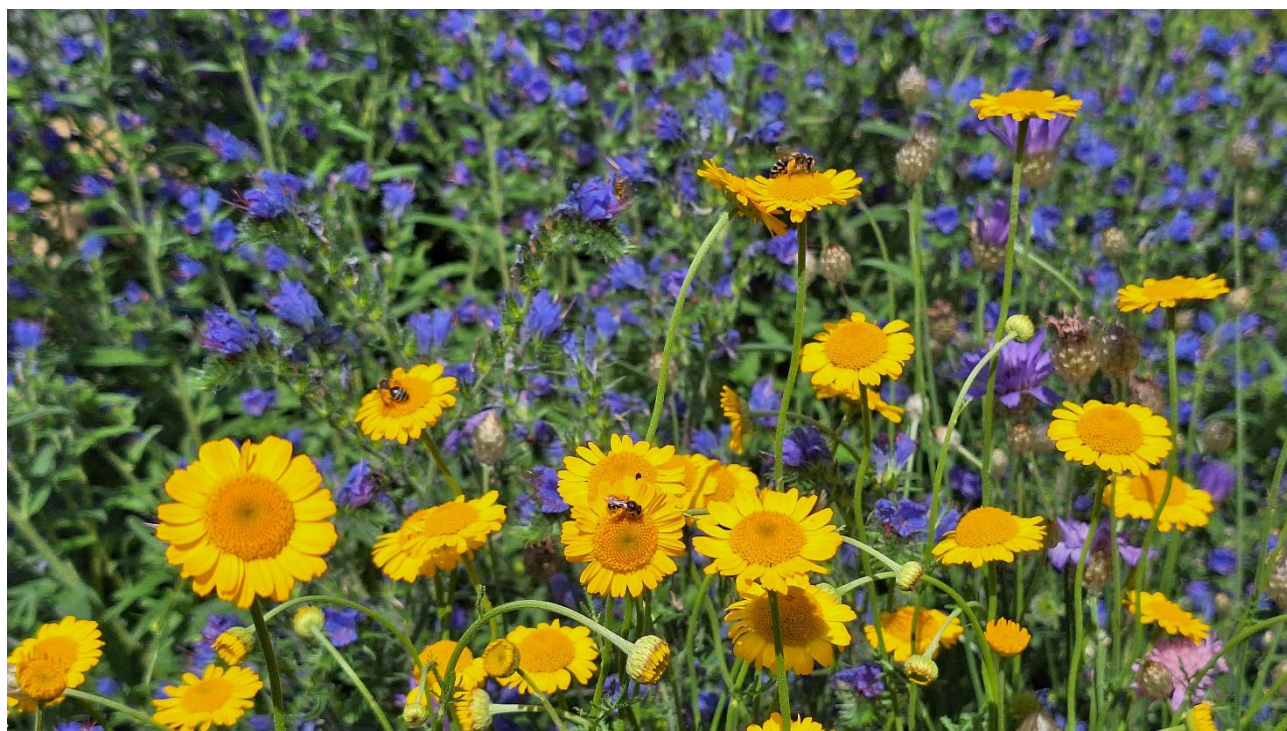


Abb. 7: Wichtige Schlüsselarten: Die von KUPPLER et al. (2023: 6) als wichtige Schlüsselarten identifizierten Ruderalstrategen *Echium vulgare* und *Anthemis tinctoria* kommen auch auf nährstoffarmen mineralischen Böden trocken-sonniger Standorte zurecht und eignen sich damit für viele urbane Situationen. Die häufige polylektische Wildbienenart *Andrena flavipes* findet hier reichlich Pollen.

Lythrum salicaria beim Pollensammeln beobachtet (M. LOHR, persönliche Kommunikation 2024), die im Botanischen Garten Höxter im Rahmen einer Sortimentssichtung (HS WEIHENSTEPHAN-TRIEDS DORF 2022) aufgepflanzt wurden. (vgl. Kapitel 4.1.3). Nach eigenen Beobachtungen konnten u.a. auch Wildbienenarten der Gattungen *Chelostoma* und *Megachile* an verschiedenen Sorten von *Campanula poscharskyana* und *Campanula portenschlagiana* beobachtet werden. Ob nicht-heimische Pflanzenarten und ihre Sorten als potenzielle Pollenquellen genutzt werden können, hängt davon ab, welche Mutationen zu den jeweiligen Sorteneigenschaften geführt haben und wie sich diese im Phänotyp ausprägen. Sterile oder gefüllte Sorten bieten keinen oder zu wenig Pollen und sollten gemieden werden. Viele Sorten zeigen allerdings lediglich Abweichungen im Blühzeitraum oder morphologische Abweichungen, wie vergrößerte Petale, bei gleichgestalteten Stamina und unveränderten Proteingehalten des Pollens. Solche Sorten eignen sich durchaus als Pollenquellen. Abschließend ist nicht wissenschaftlich belegt, ob mit dem Pollen nicht-heimischer Pflanzenarten und Sorten die Brut oligolektischer Wildbienenarten erfolgreich verproviantiert wird. So berichten PRAZ et al. (2008: 800), dass *Hoplitis adunca*, die oligolektisch an *Echium vulgare* sammelt, mit Pollen von *Buphthalmum*, einer nicht nah verwandten Asteraceae, die Brut nicht erfolgreich verproviantieren kann, während unklar bleibt ob eine erfolgreiche Verproviantierung mit dem nah verwandten *Echium italicum* möglich wäre. BUDE & LUNAU (2007: 157) berichten von der polylektischen Art *Osmia bicornis* das gezielte Mischen von Pollen mit unterschiedlichem Proteingehalt von *Quercus*, Ranunculaceen, Salicaceen und Rosaceen zu einem Larvenproviant mit einem konstanten Proteingehalt, was auf ein bewusstes Sammelverhalten hinweist. Vermutlich ist eine erfolgreiche Verproviantierung der Brut vom Grad der Verwandtschaft der Pflanzenart zur art-spezifischen Pollenquelle abhängig. Pflanzungen können durch die Verwendung von nah verwandten, nicht-heimischen Pflanzenarten und Sorten sinnvoll ergänzt werden, sodass der Blühzeitraum bzw. die phänologische Varianz relevanter Pollenquellen erweitert wird und die Akzeptanz der Bevölkerung durch eine

gesteigerte Attraktivität erhöht wird. Um urbane Flächen in geeignete Habitate zu überführen, müssen auch die zu fördernden Zielarten der Wildbienen definiert sowie deren Pollenquellen und Nistraumansprüche ermittelt werden.

Die Standortansprüche der Pollenquellen müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Hansen und Stahl erlauben mit dem Konzept der Lebensbereiche (HANSEN & STAHL 2016: 52ff; KÜHN 2011: 302ff) hierzu eine hilfreiche Einordnung der Standorte in sieben Lebensbereiche (Gehölz, Gehölzrand, Freifläche, Steinanlage, Beet, Wasserrand, Wasser), denen urbane Flächen zugeordnet werden können. Das Konzept der Lebensbereiche ist durch natürliche Vegetationsbilder inspiriert und die Arbeiten von Richard Hansen gehen auf die Naturgartenidee und Vordenker wie William Robinson mit seinem Werk „Wild Garden“ von 1870 und Karl Försters Theorie der „Wildnisgartenkunst“ (HANSEN & STAHL 2016: 8), aber auch auf die frühe Pflanzensoziologie von Reinhold Tüxen zurück. Mit dem damaligen Anspruch, naturnahe Pflanzungen zu entwickeln und dem Verständnis, dass natürliche Landschaften und Vegetationsbilder dynamisch sind, ist das Konzept der Lebensbereiche aktueller denn je und bietet großes Potenzial für eine naturschutz-relevante Flächenplanung. Pflanzenarten eignen sich, je nach ihrer Standortamplitude, für die Verwendung in einem oder mehreren Lebensbereichen, in denen sie unabhängig von ihrer geografischen Herkunft mit Pflanzenarten ähnlicher oder gleicher Ansprüche an den Standort erfolgreich vergesellschaftet werden können (HANSEN & STAHL 1981: 51ff). Allerdings ändert sich der Pflanzplanungskontext durch innovative Konzepte zur Klimamelioration wie Dachbegrünung und Schwammstadtprinzip und folglich muss auch das Konzept der Lebensbereiche weiterentwickelt werden. Pflanzungen im urbanen Bereich müssen außerdem Akzeptanz in der Bevölkerung finden, die neben Umweltbildungs- und Aufklärungsmaßnahmen auch durch die Attraktivität der Pflanzung erreicht wird. Für die Bepflanzung und Unterhaltung von öffentlichen Grünflächen aus Bundes- oder Landesmitteln muss die Initialpflanzung einfach durchführbar und die Pflege extensiv sein. Diese Kriterien erfüllen Staudenmischpflanzungen, wie sie seit 1994, beruhend auf den frühen Arbeiten von Kolb und

Kircher an der Hochschule Anhalt, der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau in Veitshöchheim, dem Schau- und Sichtungsgarten Hermannshof in Weinheim, der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau in Erfurt, der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, dem Institut Umwelt und Natürliche Ressourcen in Wädenswil in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Pflanzenverwendung des Bund Deutscher Staudengärtner entwickelt und als vorkonfektionierte Mischungen zur Marktreife gebracht wurden (KIRCHER et al. 2014: 115).

Der Erfolg dieses Bepflanzungstyps beruht auf der Fusion ökologischer und pflanzensoziologischer Erkenntnisse mit ästhetisch-gestalterischen Auswahlkriterien wie Blütenphänologie, Textur, Form und Farbe. Basierend auf den ökologischen Prinzipien der Strategietypen von Grime (GRIME 1977, GRIME et al. 1988) und den Geselligkeitsstufen von Hansen und Müssel (HANSEN & STAHL 2016: 62) sowie dem aus diesen pflanzensoziologischen Überlegungen resultierenden Konzept der Lebensbereiche (HANSEN & STAHL 2016: 52ff; KÜHN 2011: 302ff) können unter Berücksichtigung des Ausbreitungsdrangs und der Reproduktionsrate der

Pflanzenarten nachhaltig funktionierende und ästhetische Mischpflanzungen entwickelt werden. Solche Mischpflanzungen können durch eine hohe Artenzahl aus mindestens 15-20 Pflanzenarten (HEINRICH & MESSER 2012: 18) resilient auf Umweltschwankungen reagieren. Durch eine natürliche Dynamik im Laufe der Sukzession entstehen wechselnde, aber zuverlässige Vegetationsbilder, die durch eine Entwicklungspflege moderiert werden können. Standortgerechte, funktionierende und gleichzeitig attraktive Mischpflanzungen folgen dabei dem Aufbau nach Strukturtypen, wonach Stauden ihrer Funktion entsprechend in zugewiesenen Mengenanteilen verwendet werden (BORCHARDT 1998; KIRCHER et al. 2014: 217; HEINRICH & MESSER 2012: 31ff). So entsteht durch dominante Gerüstbildner mit einem Anteil von 5 bis 15 %, effektstarke Begleiter mit einem Anteil von 30 bis 40 %, kurzlebige Füllpflanzen mit einem Anteil von 5 bis 10 %, niedrige Bodendecker mit Anteilen bis 50 % und einem zusätzlichen Layer aus Frühjahrsgeophyten zu 20 bis 50 Stück/m² (Kategorien nach BORCHARDT 1998, Mengenanteile nach Arbeitskreis Pflanzenverwendung, Bund Deutscher Staudengärtner aus KIRCHER et al. (2014: 117) bei randomisierter



Abb. 8: Der Botanische Garten Höxter Oktober 2022: Die vorkonfektionierte Staudenmischpflanzung *Schattenglanz* funktioniert unter *Quercus petraea* ssp. *iberica* nach über 10 Jahren erstaunlich gut und überzeugt mit vielen strukturstarken und wintergrünen Pflanzenarten wie *Asplenium scolopendrium* und *Euphorbia amygdaloides* auch in den Jahreszeiten Herbst und Winter.

Pflanzung ein naturalistischer Effekt. Im Vergleich zu klassischen Bepflanzungstypen und Wechselflor haben sich solche Mischpflanzungen wie der bewährte *Silbersommer* für trockene bis frische Freiflächen und *Schattenglanz* (Abb. 8) als Unterpflanzung im Gehölzbereich als pflegeintensiv erwiesen (MESSER 2008: 97). Mit Stückzahlen von 5 bis 12 Pflanzen/m² (HEINRICH & MESSER 2012: 16) wird eine reine Staudenmischpflanzung auf größeren Flächen rasch kostspielig. Abhilfe bieten integrierte Pflanzsysteme, wie sie an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften seit dem Jahr 2000 erprobt wurden (Abb. 9) (FÖHN 2005: 20). Die in der Mischung wichtigen Pflanzenarten werden wie in der Mischpflanzung *Sommernachtstraum* bereits vor der Ansaat gepflanzt (FÖHN 2005: 22; HEINRICH & MESSER 2012: 29). Der so entstehende ruderale Charakter, geprägt durch offene Bodenstellen vor allem zu Beginn der Pflanzung

und die zu erwartende Dynamik der Pflanzung durch den hohen Anteil annueller und bienner Pflanzenarten im Laufe der Sukzession, ermöglichen die Schaffung vielversprechender Habitate mit Pollenquellen und Niststrukturen für Wildbienen. Die Zuordnung der Standorte zu den Lebensbereichen ist nach KIRCHER et al. (2014: 124) und insbesondere mit dem Schlüssel von KÜHN (2011: 302ff) ohne Expertise möglich. Auch das Pflanzen einer Mischpflanzung mit ergänzender Ansaat ist durch die zufällige Anordnung der Pflanzen auch von ungeschultem Personal durchführbar. Doch bei der Zusammenstellung der Pflanzenarten zu einer individuellen, funktionierenden Mischpflanzung mit Pollenquellen für definierte Wildbienenarten handelt es sich um eine komplexe Planungsaufgabe, die jahrelange Erfahrung und sowohl Pflanzenkenntnis als auch Expertise aus den Bereichen Phytosoziologie, Ökologie und



Abb. 9: Integrierte Mischpflanzung; Die Mischpflanzung *Sommernachtstraum* wurde von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften 2002 im Versuchsgarten aufgepflanzt. Dabei wurden 2 g *Alyssum maritimum* 'Orientalische Nacht', 2 g *Eschscholzia caespitosa* 'Milk Maid' und 2 g *Nigella hispanica* 'Curiosität' gesät. 2007 kommen in der gereiften Mischpflanzung die gesäten Ruderalstrategen nur noch reduziert vor, was jedoch durch eine gezielte Entwicklungspflege gesteuert werden kann.

Quelle: C.D. BAUMGARTNER/ZHAW

Zoologie voraussetzt. Der BdS hat auf diesen Bedarf bereits 2021 mit einem Flyer reagiert, der die bisher entwickelten standardisierten Staudenmischpflanzungen bezüglich ihrer Insektenfreundlichkeit allgemein einordnet (BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER 2021). Gezielter Artenschutz ist leider auch mit diesen Mischpflanzungen nicht möglich. Öffentliche Träger, die bereit sind, in Artenschutzmaßnahmen zu investieren und über entsprechende Flächen verfügen, benötigen ein Werkzeug, das Stadt- und Freiraumplaner kostengünstig und effektiv bei der Planung und Realisierung solcher Flächen unterstützt. Innovative digitale Technologien können die Informationen aus der Pflanzenverwendung, der Ökologie und Zoologie fusionieren.

Im laufenden Projekt „Bees up!“ des Bundesprogramms Biologische Vielfalt soll daher in Zusammenarbeit mit den Projektträgern des Julius-Kühn-Instituts (JKI) in Braunschweig, der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der Technischen Universität Ilmenau mit Fördermitteln des Bundesamts für Naturschutz (BfN) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) ein intelligentes Planungswerkzeug entwickelt werden. Dieses KI-gestützte, digitale und analoge Planungswerkzeug soll Kommunen und Gemeinden zusammen mit einem analogen Leitfaden kostenlos zur Verfügung gestellt werden, damit Flächen wildbienenfreundlich aufgewertet werden können. Parallel wird eine interaktive digitale Wildbienenbestimmungs-App entwickelt, die das Bewusstsein und die Kenntnisse über Wildbienen in der Bevölkerung erhöhen soll (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2024).

Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, im Rahmen des Förderprojekts „Bees-Up“ ein Konzept für ein intelligentes Planungswerkzeug zu entwickeln, das wichtige Pollenquellen als funktionierende Mischpflanzungen für auswählbare Zielarten und Lebensbereiche unter Berücksichtigung gestalterischer Ansprüche konfiguriert. Im Anschluss an diese Arbeit soll durch iteratives Analysieren der vom intelligenten Planungswerkzeug vorgeschlagenen Mischpflanzungen mit anschließender zielgerichteter Anpassung der formulierten Bedingungen und Parameter das Planungswerkzeug so weit wie möglich optimiert werden, um innerhalb der Projektlaufzeit Marktreife zu erlangen.

2. Material & Methoden

Konzeptumfang

Das Konzept versteht sich als Leitfaden für eine sukzessive Ausdifferenzierung des intelligenten Planungswerkzeugs, das wichtige Pollenquellen als attraktiven Mischpflanzungsvorschlag für Wildbienenarten als auswählbare Zielarten konfigurieren soll. Das Konzept umfasst sowohl einen Überblick über die Ergebnisse explorativer Forschungen zu relevanten Parametern der Mischpflanzungstheorie und Wildbienen-Pflanzen-Beziehungen, als auch die Formulierung daraus resultierender Konditionen, die vorgeben, wie das intelligente Planungswerkzeug Mischpflanzungen zusammensetzt. Darüber hinaus wird ein Pflegekonzept zur Unterhaltung dieser Mischpflanzungen erarbeitet und ein Testverfahren zur Überprüfung der Funktion des intelligenten Planungswerkzeugs entwickelt.

Grundlagenforschung

Als Basis für die Konzepterstellung des intelligenten Planungswerkzeugs wurden zunächst relevante Parameter der Mischpflanzungstheorie der bestehenden standardisierten Mischpflanzungen des BdS analysiert und deren Bedeutung und Gewichtung in Mischpflanzungen identifiziert. Anschließend wurden weitere Datenquellen ausfindig gemacht, welche diese Parameter pflanzenspezifisch abbilden, in Beziehung zu wildbienenrelevanten Parametern setzen und gleichzeitig fortwährend gepflegt werden. Die Literatur zu Pollenquellen in Deutschland verbreiteter Wildbienenarten wurde gesichtet, aufbereitet, exemplarisch ergänzt und akkumuliert. Durch die kollaborierenden Institute wurden parallel zur Konzepterstellung die Pollenquellen aus der Literatur mit Mischpflanzungsparametern über regelbasierte Zuordnung in einer Datenbank verknüpft.

Datenanalyse

Für die Analyse und die Erzeugung der Grafiken wurde Microsoft Excel (MICROSOFT CORPORATION (2016) verwendet.

Taxonomische Begriffe

In den wissenschaftlichen Kapiteln der Analyse werden die taxonomischen Begriffe systematisch einheitlich verwendet (vgl. Kapitel 3. Ergebnisse).

Der Begriff Taxon umfasst die verschiedenen Taxa der Pflanzen mit Gattung und Art-Epitheton und versteht auch Unterarten, Varietäten und Sorten als eigenständige Taxa, da sich der Begriff Taxon nach WAGENITZ (2003: 324) als systematische Einheit beliebigen Ranges definiert. Von Pflanzenarten, Pflanzengattungen und Pflanzenfamilien wird gesprochen, wenn diese taxonomischen Rangstufen von Bedeutung sind. Der Begriff Sorte wird verwendet, um Taxa auf Artebene explizit auszuschließen. Taxa der Wildbienen werden als Wildbienenarten angesprochen, um zu verhindern, dass der Begriff Taxon bei der Darstellung komplexer Beziehungen zwischen Wildbienen und Pflanzen zu Missverständnissen führt.

Die taxonomischen Begriffe orientieren sich im vorliegenden Konzept aus Gründen der Benutzerfreundlichkeit jedoch am allgemeinen Sprachgebrauch, da diese Inhalte für die Benutzeroberfläche des intelligenten Planungswerkzeugs erstellt wurden und auch fachfremde Personen adressieren (vgl. Kapitel 5. Konzept).

Herkunftsbezeichnung

(Bundesamt für Naturschutz 2024)

Heimische oder indigene Pflanzenarten kommen von Natur aus in Deutschland vor bzw. sind nach der letzten Eiszeit ohne Mitwirkung des Menschen eingewandert.

Nicht-heimische oder gebietsfremde Pflanzenarten kommen nicht von Natur aus in Deutschland vor, sondern sind durch den Einfluss des Menschen (beabsichtigt oder unbeabsichtigt) eingebracht worden.

Invasive Pflanzenarten sind gebietsfremde Arten, die unerwünschte Auswirkungen auf andere Arten, Lebensgemeinschaften oder Biotope haben und auch oft ökonomische oder gesundheitliche Probleme verursachen.

2.1 Mischpflanzungsparameter

Ziel der Analyse

Die Analyse soll Hinweise darauf geben, nach welchen Grundprinzipien Mischpflanzungen aufgebaut sind und wie diese Parameter systematisch in einem intelligenten Planungswerkzeug nutzbar gemacht werden können, damit Pflanzungen einen Mindestanspruch an Ästhetik und Gestaltung erfüllen.

Datenquellen

Hauptdatenquelle für die Zuordnung der Taxa und die identifizierten Mischpflanzungsparameter war die Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2024), die neben dem Grund- und Hauptsortiment verwendungsrelevanter Taxa auch Neben-, Liebhaber-, Ergänzungs-, Erinnerungs- und Erwartungssortiment beinhaltet, 15.327 Taxa umfasst und vom BdS in Form einer SQL-Datenbank auf dem Server des BdS gepflegt wird. Mit ca. 80 Einzelkriterien pro Taxon bietet dieser Datensatz eine wertvolle erweiterbare Grundlage für eine digitale Nutzung. Vor der Verwendung der Daten für das intelligente Planungswerkzeug muss der Datensatz der Pflanzendatenbank aufbereitet werden. Doppelungen der Taxa müssen manuell gesichtet und die Informationen der Kriterien und Attribute wie Blühzeitraum oder Farbe fusioniert werden.

Die vorliegende Analyse umfasst innerhalb der 15.327 Taxa auch 42 bzw. 43 standardisierte Mischpflanzungen des BdS (vgl. Tab. 10 Anhang), mit insgesamt 732 verwendeten Taxa sowie 355 Taxa, die als Alternativen nach Funktionstypen deklariert sind.

Hintergrund und Datenaufbereitung

Bereits 1994 begannen Dr. Walter Kolb und Dr. Wolfram Kircher an der Landesanstalt für Wein- und Gartenbau in Veitshöchheim, erste Staudenmischpflanzungen zu konzipieren, die sich an den Lebensbereichen der Stauden orientieren (Abb. 54). Der BdS hat seitdem zahlreiche vorkonfektionierte Staudenmischpflanzungen auf den Markt gebracht, die vor allem im öffentlichen Grün erfolgreich verwendet werden und über die Pflanzendatenbank den Produktionsbetrieben zugänglich sind. Unter Berücksichtigung der Beschreibung der jeweiligen Standorte durch die entwickelnden Arbeitskreise (GÖTZ et al. 2024) und der Kategorisierung nach Standorten und Lebensbereichen von 30 der 42 betrachteten Mischpflanzungen durch HEINRICH & MESSER (2012: 44), wurden die Mischpflanzungen den Lebensbereichen Steppenheide (SH), Gehölz trocken (G₁), Gehölz frisch (G₂), Gehölzrand trocken (GR₁), Gehölzrand frisch (GR₂), Freifläche trocken (Fr₁), Freifläche frisch (Fr₂) von HANSEN & STAHL (1981) ergänzt durch Sieber (BORCHARDT 1998: 238ff) zugeordnet. Viele Mischpflanzungen eignen sich für mehrere Lebensbereiche, da die verwendeten Taxa eine breite Standortamplitude aufweisen (vgl. Tab. 10, Anhang). Um zu prüfen, welche funktionalen Unterschiede und Gewichtungen zwischen den verwendeten Taxa der Mischpflanzungen für unterschiedliche Lebensbereiche bestehen, wurden die 42 untersuchten Mischpflanzungen den Lebensbereichskategorien (Tab. 1) von HEINRICH & MESSER (2012: 40) zugeordnet und die Anteile der Funktionstypen der Mischpflanzungen in den Standortkategorien verglichen (Tab. 10)

Tab. 1: Lebensbereichskategorien nach HEINRICH & MESSER (2012: 40).

Lebensbereichskategorie	Lebensbereich	Standortbeschreibung
1	SH/Fr ₁	sonnige, trockene bis mäßig trockene und heiße Standorte
2	Fr ₂ /Fr ₁₋₂	sonnige, frische bis mäßig trockene Standorte
3	Fr ₂₋₃	frische bis feuchte Standorte
4	GR ₁ /GR ₂	sonnige bis absonnige Standorte
5	G ₁ /G ₂	eingewachsene Baumstandorte in relativ trockenen Lagen

Datenexklusion

Die Erfurter Mischpflanzung *Feuer und Flamme* wurde aus einigen Analysen exkludiert, da sie unverhältnismäßig hohe Anzahlen insgesamt verwendeter Taxa aufweist und nicht als eine klassische Mischpflanzung verstanden werden kann, die mit steigender Flächengröße beliebig erweitert werden kann. In den Ergebnissen (vgl. Kapitel 3) wird die Anzahl der berücksichtigten Mischpflanzungen angegeben. Die Mischpflanzung *Feuer und Flamme* wurde von Dipl.-Ing. Cornelia Pacalaj an der Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau in Erfurt für eine lineare Fläche entlang einer Straße konzipiert und bildet unter anderem einen Farbverlauf als gestalterisches Moment. Aus der bewussten Sortendiversität dieser Mischpflanzung ergeben sich hohe Anzahlen insgesamt verwendeter Taxa und der Taxa der Funktionstypen. Die Mengenan-teile liegen dabei nicht höher als in anderen Mischpflanzungen. So wurden bspw. sechs Sorten von *Achillea filipendulina* verwendet ('Coronation Gold', 'Walter Funcke', 'Lachsschönheit', 'Paprika', 'Terracotta', 'Velour'), die nicht wie in einer Mischpflanzung nach dem Zufallsprinzip verteilt werden können, sondern entsprechend dem Farbverlauf gepflanzt werden müssen.

2.1.1 Funktionstypen und Anzahl der Taxa

Die absoluten Häufigkeiten der Taxa von 42 Mischpflanzungen wurden erfasst und in einem Whisker-Boxplot dargestellt, der eine Verteilung der Werte nach Quartilen, den Mittelwert, den exklusiven Median und Ausreißer mit 1,5-fachem Interquartilsabstand darstellt. Der Mittelwert wurde auf eine ganze Zahl gerundet.

Anschließend wurden die erfassten absoluten Häufigkeiten nach Lebensbereichskategorien getrennt in Whisker-Boxplots dargestellt, die eine Verteilung der Werte nach Quartilen, den Mittelwert, den exklusiven Median und Ausreißer mit 1,5-fachem Interquartilsabstand darstellen.

Um Relevanz und Verteilung der in Mischpflanzungen verwendeten Funktionstypen zu verstehen, wurden die absoluten Häufigkeiten der Taxa der Gerüstbildner, Begleitstauden,

Bodendecker, Füllpflanzen, Streupflanzen, Zwiebeln & Knollen sowie Einsaaten erfasst und mit Artanzahl taxonomisch nach Arten und Sorten differenziert als gestapelte Säulen dargestellt.

Um Verteilung und Sortendiversität der Funktionstypen einer durchschnittlichen Mischpflanzung zu verstehen, wurden die absoluten Häufigkeiten der wichtigsten Funktionstypen (absolute Häufigkeiten > 10 Taxa) erfasst und taxonomisch nach Arten und Sorten differenziert als gestapelte Säulen dargestellt. Angegebene Werte wurden anschließend auf ganze Zahlen gerundet.

Die prozentualen Anteile wichtiger Funktionstypen in Mischpflanzungen wurden in gerundeten Prozent als Kreisdiagramm dargestellt.

Anschließend wurden die durchschnittlichen absoluten Häufigkeiten der Taxa von 42 Mischpflanzungen nach wichtigen Funktionstypen der Mischpflanzungen nach Lebensbereichskategorien erfasst und den Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstauden, Bodendecker, Füllpflanzen, sowie Zwiebeln & Knollen zugeordnet und als gestapelte Säulen dargestellt. Angegebene Werte wurden anschließend auf ganze Zahlen gerundet. Rechnerisch ist zu erwarten, dass sich die erhobenen Werte nähern, da durch die Mehrfachzählung von Mischpflanzungen differenzierende Information verloren geht.

Die absoluten Häufigkeiten der Taxa von 42 Mischpflanzungen wurden getrennt für die Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstauden, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen erfasst und in Whisker-Boxplots dargestellt, die eine Verteilung der Werte nach Quartilen, den Mittelwert, den exklusiven Median und Ausreißer mit 1,5-fachem Interquartilsabstand darstellen. Mittelwerte wurden auf ganze Zahlen gerundet.

Um die Bedeutung von Sorten in den untersuchten Mischpflanzungen zu verstehen, wurde geprüft, wie sich die Taxa der für 43 Mischpflanzungen deklarierten Gerüstbildner in Arten und Sorten aufschlüsseln. Hierzu wurden die absoluten Häufigkeiten der Gerüstbildner nach Arten und Sorten erfasst und als gestapelte Säule dargestellt. Die absoluten Häufigkeiten der vier am häufigsten verwendeten Taxa auf Artniveau

und der vier am häufigsten verwendeten Taxa auf Sortenniveau wurden von 42 untersuchten Mischpflanzungen erfasst und in einem Säulendiagramm aufgeschlüsselt dargestellt. Dabei wurden die Arten und Sorten mit den niedrigen Werten zufällig ausgesucht, sofern mehrere Arten und Sorten mit gleich häufiger Verwendung vorkamen.

2.1.2 Identifikation der Funktionstypen

Für die wichtigen Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstauden und Bodendecker wurden die Taxa aus den für 43 Mischpflanzungen deklarierten Funktionstypen als absolute Häufigkeiten in den Geselligkeitsstufen I bis V sowie Gehölzen erfasst und in auf ganze Zahlen gerundeten Prozentsätzen als Kreisdiagramm dargestellt. Dabei wurden alle Taxa Geselligkeitsstufe I zugeordnet, die ausschließlich oder unter anderem Geselligkeitsstufe I zugeordnet waren. Diese Regel wurde für alle Geselligkeitsstufen berücksichtigt. Einigen Taxa ist in der Pflanzendatenbank keine Geselligkeitsstufe zugeordnet, obwohl es sich nicht um die Lebensform Gehölz handelt. Einige Gehölze wie *Lavandula angustifolia* oder *Perovskia abrotanoides* wurden in der Pflanzendatenbank Geselligkeitsstufen zugeordnet, obwohl es sich um Gehölze handelt. Stauden, die mehreren Geselligkeitsstufen angehören, wurden entsprechend mehreren Geselligkeitsstufen zugeordnet.

Die absoluten Häufigkeiten der Taxa wurden nach den Lebensformen Stauden, Gräser, Farne, Bienne und Gehölze aufgeschlüsselt und als gruppierte Säulen dargestellt.

2.1.3 Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank

Um die Entwicklung der Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank bei Erfüllung wichtiger Kriterien für die Identifikation der Taxa durch das intelligente Planungswerkzeug nachzuvollziehen, wurden die absoluten Häufigkeiten der Taxa des Gesamtdatensatzes erfasst und in sinnvoller Reihenfolge sukzessive gefiltert. Anschließend wurde die Verteilung der Taxa nach sukzessiver Filterung auf heimische Pflanzenarten, nicht-heimische Pflanzenarten

und Sorten nicht-heimischer und heimischer Pflanzenarten erfasst. Die sukzessive Eingrenzung des Gesamtdatensatzes umfasste alle Taxa, für die ein Lebensbereich eingetragen war (unabhängig davon, ob die Lebensbereiche in der Auswahl des intelligenten Planungswerkzeugs berücksichtigt werden), deren Blüten ungefüllt waren oder für die kein Attribut zur Blütenfüllung vorlag, deren Winterhärtezone (WHZ) < 9 betrug und für die eine Bodenfeuchtestufe, eine Geselligkeitsstufe und eine Herkunftsbezeichnung eingetragen war. Die Ergebnisse wurden in einem Säulendiagramm nach Reihenfolge der Filterkriterien dargestellt. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder.

Um die Verfügbarkeit der Taxa für die Lebensbereiche Steppenheide (SH), Freifläche (Fr), Beet (B), Gehölzrand (GR), Gehölz (G), Alpinum (A) Steinanlagen (St) nach den Bodenfeuchtestufen 1 bis 3 zu prüfen, wurden die absoluten Häufigkeiten der zuvor gefilterten Taxa erhoben und als Säulen dargestellt, die neben der Differenzierung nach Bodenfeuchtestufen auch die insgesamt für den Lebensbereich verfügbaren Taxa im Hintergrund zeigen. Hiermit soll die Zugehörigkeit der Taxa zu mehreren Bodenfeuchtestufen verdeutlicht werden. In der Erhebung wurden alle Taxa erfasst, auf die das Attribut der Blütenfüllung „einfach“ zutraf oder keine Angabe gemacht wurde, da angenommen wurde, dass Taxa ohne Angabe natürlicherweise ungefüllt blühen.

Auf die 8.415 nach der Filterung noch verfügbaren Taxa der Pflanzendatenbank wurden die für das intelligente Planungswerkzeug formulierten Konditionen zur Identifikation der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitarten und Bodendecker angewendet, um zu prüfen, ob die Pflanzendatenbank ausreichend Taxa dieser Funktionstypen anbietet und wie pflanzen-spezifische Parameter der formulierten Konditionen für die Lebensbereiche differenziert werden können (vgl. Kapitel 5). Dazu wurden die absoluten Häufigkeiten der einzelnen Funktionstypen nach Lebensformen aufgeschlüsselt erfasst und als gruppierte Säulen dargestellt. Neben der Differenzierung nach Lebensformen wurden auch die insgesamt für den Lebensbereich verfügbaren Taxa im Hintergrund gezeigt, um die Zugehörigkeit der Taxa zu mehreren Funktionstypen und Lebensformen deutlich zu machen.

2.2 Wildbienen

Ziel der Analyse

Für die Formulierung wichtiger Konditionen wie bspw. die Verteilung der Blütezeiten einer Mischpflanzung für oligolektische und streng oligolektische Zielarten oder die Erweiterung des Pollenquellenpools um nicht-heimische Pflanzenarten und Sorten werden relevante Parameter bezüglich der Ernährungsweise und der Phänologie in Deutschland verbreiteter Wildbienenarten und ihrer Pollenquellen ermittelt.

Datenquellen

Als Grundlage für die Ermittlung wichtiger Pollenquellen und Flugzeiten dienen die Daten aus WESTRICH (2019).

Der Rote-Liste-Status oligolektischer und poly-lektischer Wildbienenarten wurde von SCHEUCHL et al. (2023) erfasst.

Der Bedarf an Pollen wurde aus MÜLLER et al. (2006: 610), LARSSON & FRANZEN (2007: 410) und CANE et al. (2011: 406) ermittelt.

Terminologie der Ernährungsweise

Die Einordnung des Spezialisierungsgrads bzgl. der Ernährungsweise der gewählten Wildbienenarten orientiert sich an den Definitionen von WESTRICH (2019: 294). So spricht man bei spezialisierten Wildbienenarten, deren Weibchen im gesamten Verbreitungsgebiet nur Pollen einer Pflanzenart oder nah verwandter Pflanzenarten einer Pflanzenfamilie oder einer Gattungsgruppe nutzen, von oligolektischen Wildbienenarten (WESTRICH 2019: 294ff).

Streng oligolektische Wildbienenarten sind dabei sogar auf eine Pflanzenart oder eine Pflanzengattung spezialisiert. Zeigen Wildbienenarten eine weniger enge Bindung an ihre Pollenquellen und nutzen Pflanzenarten verschiedener Pflanzenfamilien, spricht man von polylektischen Wildbienenarten oder Generalisten. Eingeschränkt polylektische Wildbienenarten bevorzugen bestimmte Pflanzenarten oder Pflanzengruppen, während sie andere Pflanzenarten meiden, auch wenn diese im Überangebot vorhanden sind (WESTRICH 2019: 300).

2.2.1 Ernährungsweise & Phänologie

Der Anteil polylektischer, oligolektischer und parasitisch lebender Wildbienenarten wurde erfasst und als Kreisdiagramm mit absoluten Häufigkeiten dargestellt. Bei der Darstellung wurden die von WESTRICH (2019: 721) in Deutschland verbreiteten 567 Wildbienenarten berücksichtigt.

Der Rote-Liste-Status oligolektischer und polylektischer Wildbienenarten wurde nach SCHEUCHL et al. (2023) für Deutschland als absolute Häufigkeiten erfasst, summiert und als gestapeltes Säulendiagramm dargestellt, um zu evaluieren, ob oligolektische und polylektische Wildbienenarten unterschiedlich stark gefährdet sind. Für die Vergleichbarkeit wurden die Summen der oligolektischen Wildbienenarten mit dem auf zwei Stellen gerundeten Skalierungsfaktor 2,08 multipliziert und damit normiert, da dieser Skalierungsfaktor dem zahlenmäßigen Verhältnis zwischen poly- und oligolektischen Wildbienenarten entspricht. Um eine realistische Einschätzung der Gefährdung oligolektischer und polylektischer Wildbienenarten zu ermöglichen, wurden die absoluten Häufigkeiten der Rote-Liste-Kategorien 1, 2, 3 und V erfasst und als gestapeltes Säulendiagramm dargestellt.

Die Flugzeiträume oligolektischer Wildbienenarten wurden aus den Artmonographien von WESTRICH (2019: 414) ermittelt. Dort wird die Flugzeit als Zeitspanne verstanden, in der im Mittel der Jahre der größte Teil der Imagines aktiv und im Feld zu beobachten ist. Die Flugzeiträume wurden als Säulendiagramm mit absoluten Häufigkeiten dargestellt. Dabei wurden die Flugzeiträume von März bis Oktober 14-tägig aufgenommen. Bei Flugzeitangaben wie „bis September“ wurde eine Flugzeit einschließlich September erfasst. Bei Flugzeitangaben wie „bis Mitte“ wurden die ersten zwei Wochen des korrespondierenden Monats erfasst. Für die Darstellung wurden die von WESTRICH (2019: 721) in Deutschland verbreiteten 139 oligolektischen Wildbienenarten bis auf *Andrena nitidula* und *Anthidium melanurum* berücksichtigt, für die keine Daten zur Flugzeit vorlagen.

2.2.2 Pollenquellen

Datenquellen

Hauptdatenquelle für die Zuordnung der Taxa und die identifizierten Mischpflanzungsparameter war die Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2024), die 15.327 Taxa umfasst und die Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2011), die 12.200 Zeileneinträge mit Taxa einschließlich reiner Gattungseinträge umfasst, und vom Bund deutscher Staudengärtner in Form einer SQL-Datenbank auf dem Server des BdS gepflegt wird. Hauptdatenquelle für die Ermittlung wichtiger Pollenquellen bilden die Listen von WESTRICH (2019: 368ff), die auf Pollenanalysen von Brutzelleninhalten und Pollenladungen in den Sammelorganen von Wildbienen von Westrich selbst, aber auch BRAUN (1985), CHAMBERS (1945, 1946, 1968), CORREIA (1981), DINGEMANS BAKELS (1972), KÄPYLÄ (1978b), NUSSE (1984), POURSI (1982), QUARANTA et al. (2014) K. SCHMIDT (mündl. Mitt.) und TASEI (1973a, 1976,) basieren und 511 Pflanzenarten umfassen. Die Wildbienenart *Bombus* wird nach WESTRICH (2019: 368) als ausgesprochen polylektische Gattung vernachlässigt.

Verfügbarkeit und Erweiterung der Pollenquellen

Um die Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen aus WESTRICH (2019) zu prüfen, wurden deren absolute Häufigkeiten in der Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2024), erfasst und als Säulendiagramm dargestellt.

Die Daten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen wurden um die Pflanzengattungen der Pollenquellen aus WESTRICH (2019) ergänzt, die auf dem durch verschiedene Autoren und Westrich selbst beobachteten Sammelverhalten basieren und in den Artmonografien und weiteren Kapiteln beschrieben werden (vgl. Tab. 12 u. Tab. 13). Bei der tabellarischen Aufnahme dieser nicht durch Analysen bestätigten Beobachtungsdaten polylektischer und oligolektischer Wildbienenarten aus WESTRICH (2019) wurde auf eine Datenaufnahme auf Artniveau verzichtet und für oligolektische und polylektische Wildbienenarten die Pflanzengattungen als potenzielle Pollenquellen aufgenommen, da angenommen wird, dass auch viele weitere Pflanzenarten der jeweiligen Gattung potenzielle Pollenquellen sein

können und hier lediglich keine Beobachtungsdaten vorliegen.

Die Begriffe „durch Analysen bestätigte Pollenquelle“ und „potenzielle Pollenquelle“ werden mit PQ_{best} und PQ_{pot} abgekürzt. Die potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) wurden um die in den Beobachtungsdaten fehlenden Pflanzengattungen aus den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) ergänzt. Wie hoch der Anteil der Taxa jener Pflanzengattungen ist, die für Wildbienenarten nicht als Pollenquellen nutzbar sind, bleibt unklar. Die potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) wurden zunächst für einen Testdatensatz von 20 Wildbienenarten manuell erfasst und durch die Pflanzengattungen, die durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) ergänzt (vgl. Tab. 2). Bei der Wahl dieser Wildbienenarten wurden sowohl repräsentative Vertreter der verschiedenen Wildbienenartengattungen ausgewählt, als auch Vertreter der verschiedenen Spezialisierungsgrade entsprechend ihrer realen Gewichtung ($\approx$ polylektische 2: oligolektische 1) berücksichtigt, um einen repräsentativen Ausblick auf Qualität und Quantität eines Datensatzes für alle Wildbienenarten zu ermöglichen. Der Testdatensatz umfasst 13 polylektische und sieben oligolektische Wildbienenarten (Tab. 2).

Für diese 20 exemplarischen Wildbienenarten wurde zunächst geprüft, ob die durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2011) gelistet waren. Der gemittelte prozentuale Anteil der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}), die in der Pflanzendatenbank gelistet sind, wurde für oligolektische und polylektische Wildbienenarten als Kreisdiagramm dargestellt. Im Anschluss wurden für 19 der 20 Wildbienenarten die absoluten Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) und der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}), die in der Pflanzendatenbank gelistet sind, separat ermittelt und in einem gestapelten Säulendiagramm dargestellt. Die Wildbienenart *Colletes cunicularius* wurde bei der Evaluation nicht berücksichtigt, da neben der Pflanzengattung *Salvia* ausschließlich Gehölze als

Pollenquellen angegeben wurden und Gehölze nur sehr unvollständig in der Pflanzendatenbank gelistet sind.

Um zu prüfen, ob die Einführung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) eine sinnvolle Ergänzung zu den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) sein kann, wurden exemplarisch für die polylektischen Wildbienenarten *Hylaeus communis* und *Anthophora plumipes* sowie für die oligolektischen Wildbienenarten *Andrena hattorfiana* und *Dasypoda hirtipes* die absoluten Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) aus WESTRICH (2019) sowie die in der Pflanzendatenbank gelisteten potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) ermittelt und als Kreisdiagramm dargestellt. Taxa der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) wurden nach heimischen Pflanzenarten, nicht-heimischen Pflanzenarten und Sorten aufgeschlüsselt. Anschließend wurden die absoluten Häufigkeiten der heimischen Pflanzenarten, nicht-heimischen Pflanzenarten und Sorten sowie deren Verteilung auf die Pflanzengattungen der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) ermittelt und als gestapeltes Säulendiagramm dargestellt. Für die oligolektischen Wildbienenarten *Andrena hattorfiana* und *Dasypoda hirtipes* wurde die

Flugzeit aus WESTRICH (2019) ermittelt und mit der Blütezeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) und der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) des Datensatzes nach Filterung wichtiger Kriterien (vgl. Kapitel 2.1.3) als Säulendiagramm dargestellt (Tab. 11, Anhang). Um zu zeigen, wie der Pollenquellenpool durch die Einführung der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) steigt, wurden die Mittelwerte der absoluten Häufigkeiten der Wildbienenarten *Hylaeus communis*, *Anthophora plumipes*, *Andrena hattorfiana* und *Dasypoda hirtipes* erfasst, deren Steigerungsrate bezogen auf die gemittelte absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) errechnet und als Kreisdiagramm dargestellt. Hierfür wurde der gesamte Pollenquellenpool ohne Filterung, mit gefüllten und halb gefüllten Sorten verwendet, die Gehölze aus Analyse- und Beobachtungsdaten jedoch nicht berücksichtigt. Bei Summen der Sorten > 200 wurden aus Darstellungsgründen keine weiteren Sorten in der Grafik berücksichtigt, aber deren absolute Häufigkeit angegeben. Als Pollenquelle gelistete Gehölze sowie Angaben ohne Pflanzenart-Epitheton auf Gattungsniveau wurden nicht berücksichtigt.

Tab. 2: Testdatensatz für die Erweiterung der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) um potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}): O! = Streng oligolektisch (Pflanzengattungsebene), O = Oligolektisch (Pflanzenfamilienebene), P! = ausgesprochen polylektisch (viele Pflanzenfamilien), P = eingeschränkt polylektisch (nur wenige Pflanzenfamilien bzw. bestimmte Pflanzengruppen).

Wildbienenart	Literaturquelle	Ernährungsweise
<i>Hylaeus communis</i>	WESTRICH (2019): 420	P!
<i>Colletes cunicularius</i>	WESTRICH (2019): 433	P!
<i>Andrena flavipes</i>	WESTRICH (2019): 460	P!
<i>Andrena hattorfiana</i>	WESTRICH (2019): 469	O
<i>Halictus scabiosae</i>	WESTRICH (2019): 526	P!
<i>Lasioglossum calceatum</i>	WESTRICH (2019): 434	P!
<i>Melitta haemorrhoidalis</i>	WESTRICH (2019): 567	O!
<i>Dasypoda hirtipes</i>	WESTRICH (2019): 575	O
<i>Anthidium manicatum</i>	WESTRICH (2019): 580	P
<i>Osmia bicolor</i>	WESTRICH (2019): 597	P!
<i>Osmia cornuta</i>	WESTRICH (2019): 602	P!
<i>Chelostoma florissomne</i>	WESTRICH (2019): 621	O!
<i>Heriades truncorum</i>	WESTRICH (2019): 423	O
<i>Megachile ericetorum</i>	WESTRICH (2019): 630	O
<i>Megachile willughbiella</i>	WESTRICH (2019): 641	P!
<i>Anthophora furcata</i>	WESTRICH (2019): 652	P
<i>Anthophora plumipes</i>	WESTRICH (2019): 653	P!
<i>Eucera longicornis</i>	WESTRICH (2019): 662	O
<i>Xylocopa violacea</i>	WESTRICH (2019): 671	P!
<i>Ceratina cyanea</i>	WESTRICH (2019): 420	P!

Für die Beurteilung der Relevanz der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) wurde exemplarisch die Flugzeit der oligolektischen Wildbienenarten *Hylaeus nigritus*, *Heriades truncorum* (Abb. 10), *Colletes mlokoszewiczi* und *Colletes daviesanus* mit der Blühperiode ihrer durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) *Achillea filipendulina* und *Achillea millefolium* verglichen und in einem Balkendiagramm dargestellt. Durch die Aktualisierung der Datenbank (GÖTZ et al 2024) während der laufenden Analysen ist eine allgemeine Steigerung des Pollenquellenpools zu erwarten.



Abb. 10: Anfang August bei den Sandhöhlen im Heers: *Heriades truncorum* sammelt Pollen an *Achillea millefolium*.

Weitere Datenquellen

Als weitere Datenquelle für die Ermittlung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) konnte bereits eine Kooperation mit dem Wildbienenkataster eingeleitet werden (Abb. 11). Das Wildbienenkataster archiviert und verwaltet systematisch alle verfügbaren faunistischen und ökologischen Daten der ca. 485 bekannten Wildbienenarten Baden-Württembergs auf der Basis eines computergestützten Datenbankmanagementsystems und stellt diese Daten für Publikationen aktueller Nachweiskarten, Fortschreibung der Roten Listen und Forschungsarbeiten zur Verfügung (PROSI-CAD 2024).

Die Database of Pollinator interactions (DoPI) scheint langfristig ein vielversprechendes Portal zu sein, sofern die Daten des Wildbienenkatasters eingespeist werden, da die Datenbank zurzeit keine Daten aus der BRD beinhaltet (BALFOUR et al 2022).

Das Global Bee Interaction Dataset listet alle Autoren und den Umfang ihrer zur Verfügung gestellten Daten auf. Hier fließen auch Citizen Science-Daten der Bestimmungs-App iNaturalist ein (SELTSMANN, & GLOBAL BIOTIC INTERACTION COMMUNITY 2024). Unter den aufgelisteten Autoren fehlen solche, die in der Vergangenheit und aktuell in der BRD zu Wildbienen forschen und publizieren, was auf die Komplexität der Datenbank zurückzuführen sein könnte.

Der Bee-Finder von REY et al. (2022) bietet keine Wildbienen-Pflanzen-Interaktionen und weder die Datenerhebung noch die Datenverarbeitung werden transparent dargestellt.

Der Zuflugsfinder der LVG Heidelberg bildet einen abgeschlossenen Datensatz, der nicht weiter gepflegt wird und Pflanzen in Kategorien

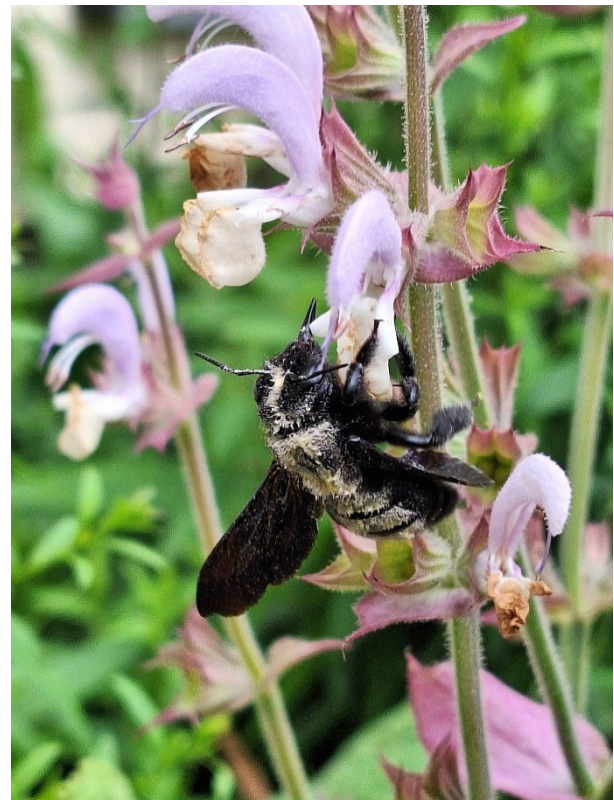


Abb. 11: Wildbiene des Jahres 2024: *Xylocopa violaceae* an *Salvia sclarea*. Das Kuratorium des Wildbienenkatasters „Wildbiene des Jahres“ wählt jährlich eine besonders interessante Wildbienenart aus, um einen Einblick in die faszinierende Welt der Wildbienen zu ermöglichen.

wie „Beflug – gering, mittel, hoch“ und „biodivers“ einteilt, die über die Anzahl der bestäubenden Individuen/15 Minuten ermittelt werden. Als „biodivers“ wird eine Pflanzenart klassifiziert, wenn sie von mehr als drei Bestäubern pro 15 Minuten aufgesucht wird, wobei nicht zwischen Wildbienengattungen oder Wildbienenarten differenziert wird (LVG HEIDELBERG 2024b).

3. Ergebnisse

3.1 Mischpflanzungsparameter

Nach der Verteilung der Funktionstypen auf die Lebensbereichskategorien wurden 12 Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 1 (SH/Fr₁), acht Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 2 (FR₂/Fr₁₋₂), zwei Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 3 (Fr₂₋₃), 23 Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 4 (GR₁/GR₂) und 12 Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 5 (G1/G2) zugeordnet (Tab. 10, Anhang).

3.1.1 Funktionstypen & Anzahl der Taxa

Anzahl der Taxa

Die über 42 Mischpflanzungen gemittelte Anzahl der insgesamt verwendeten Taxa betrug ≈ 18 (Abb. 12). Die absoluten Häufigkeiten der Taxa zeigten eine breite Streuung der insgesamt verwendeten Taxa in Mischpflanzungen. Die Mischpflanzungen enthielten zwischen fünf und 38 Taxa, wobei der Wert von 38 Taxa statistisch als Ausreißer galt. Die Hälfte der Mischpflanzungen bestand aus 12 bis 22 Taxa.

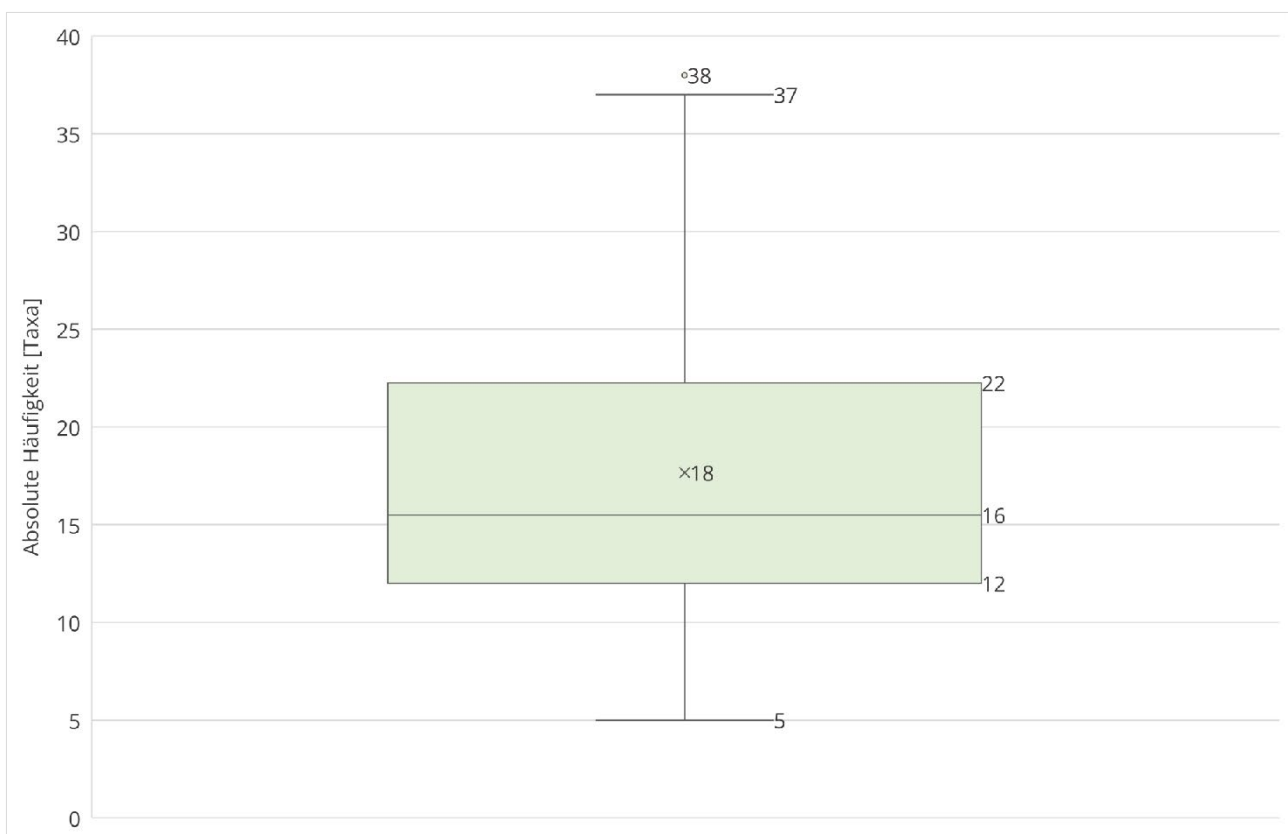


Abb. 12: Absolute Häufigkeit insgesamt verwendeter Taxa je Mischpflanzung. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder, arithmetischer Mittelwert auf ganze Zahl gerundet.

Häufigkeit nach Lebensbereichskategorie

Bei der Betrachtung der absoluten Häufigkeiten der insgesamt verwendeten Taxa je Mischpflanzung in den Lebensbereichskategorien 1 bis 5 (Abb. 13) lag die Anzahl der Taxa in Lebensbereichskategorie 1 am höchsten ($n=12$) und wies einen hohen Wert mit 38 Taxa in Lebensbereichskategorie 1 und einen Ausreißer mit 37 Taxa in Lebensbereichskategorie 4 auf. Lebensbereichskategorie 1 und 2 wiesen die breiteste Streuung der Werte auf. Die Anzahl der Taxa betrug in Lebensbereichskategorie 1 und 2

im arithmetischen Mittel 17 und 23 Taxa. Die Streuung der Werte war in Lebensbereichskategorie 3 gering, die Mischpflanzungen bestanden hier aus 26 und 27 Taxa ($n=2$). Die Lebensbereichskategorien 4 ($n=23$) und 5 ($n=12$) zeigten eine ähnliche Verteilung der Taxa mit fünf bis 23 Taxa bei ähnlicher Streuung der Werte. Im arithmetischen Mittel bestanden Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 4 und 5 aus 13 und 14 Taxa.

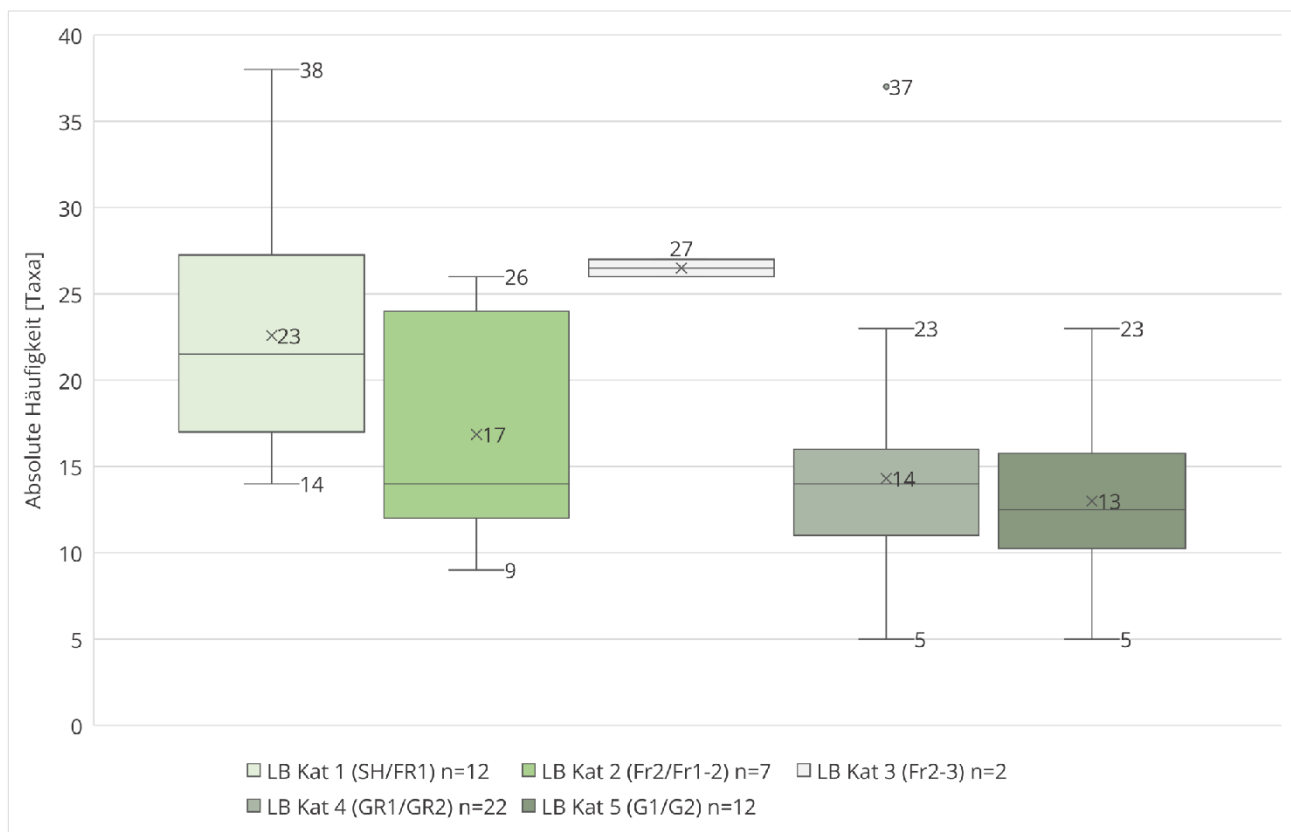


Abb. 13: Absolute Häufigkeit insgesamt verwendeter Taxa je Mischpflanzung der Lebensbereichskategorien 1 bis 5. Werte geben absolute Häufigkeit der Mischpflanzungen mit den niedrigsten und den höchsten Anzahlen der insgesamt verwendeten Taxa, sowie Ausreißer und auf ganze Zahlen gerundete arithmetische Mittelwerte der absoluten Häufigkeiten wieder.

Häufigkeit der Funktionstypen

Die Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Funktionstypen zeigt, dass die meisten Taxa in Mischpflanzungen dem Funktionstyp Begleitstaude angehörten (Abb. 14). Die Funktionstypen Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen wiesen mit 157 und 160 Taxa rund ein Drittel weniger Taxa auf. Der Funktionstyp Gerüstbildner umfasste etwas mehr als die Hälfte der Taxa des Funktionstyps Begleitstaude. Der Funktionstyp Füllpflanze bildete mit 43 Taxa einen weiteren häufigen Funktionstyp. Die Funktionstypen Streupflanzen und Einsaaten bildeten die Funktionstypen mit den niedrigsten absoluten Häufigkeiten der Taxa. Zu beiden Funktionstypen gehören unter zehn Taxa. Unter den Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstaude, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen wurden mehr Sorten als Arten verwendet.

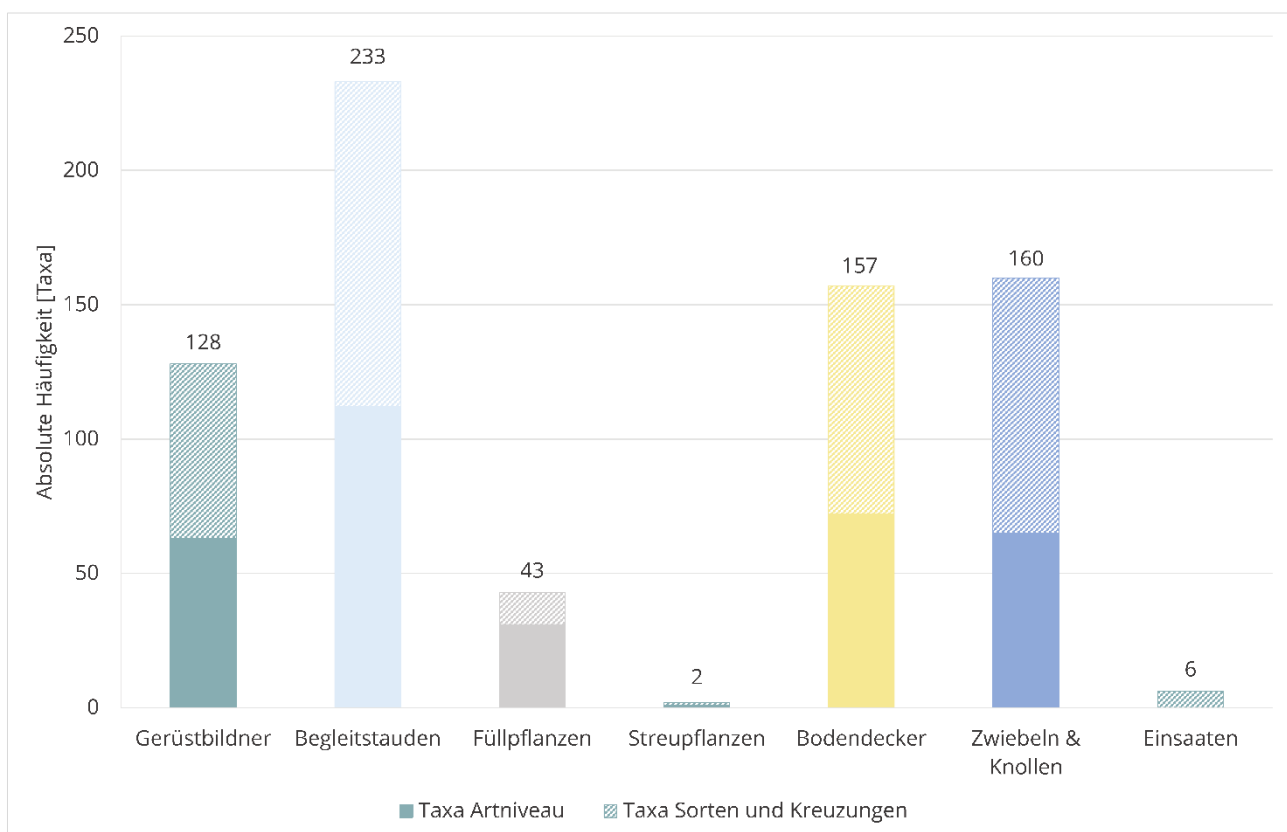


Abb. 14: Absolute Häufigkeit der Taxa für die Funktionstypen von Mischpflanzungen mit taxonomischer Differenzierung nach Arten, sowie Sorten und Kreuzungen. Werte geben absolute Häufigkeiten der Taxa wieder.

Verteilung wichtiger Funktionstypen

Im Mittel bestand eine Mischpflanzung aus drei Gerüstbildnern, sechs Begleitstauden, einer Füllpflanze, vier Bodendeckern und vier Taxa des Funktionstyps Zwiebeln & Knollen (Abb. 16). Bis auf den Funktionstyp Füllpflanze und Gerüstbildner wurden unter allen Funktionstypen mehr Sorten als Arten verwendet. Im Mittel setzte sich eine Mischpflanzung damit aus 32 % Begleitstauden, 18 % Gerüstbildnern, 21 % Bodendeckern, 22 % Zwiebeln & Knollen, sowie 6 % Füllpflanzen zusammen (Abb. 15). Andere Funktionstypen machen etwa 1 % aus.

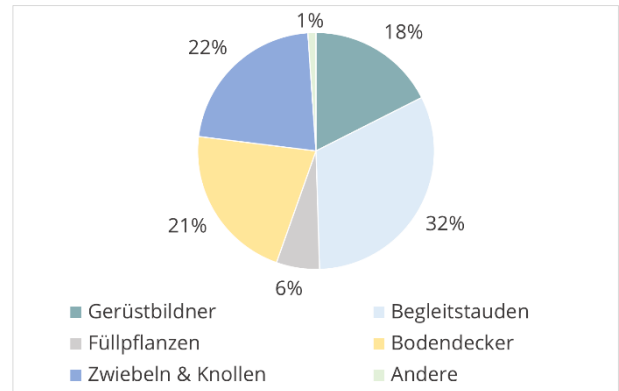


Abb. 15: Prozentuale Anteile wichtiger Funktionstypen in Mischpflanzungen. Werte geben gerundete Prozentsätze wieder.

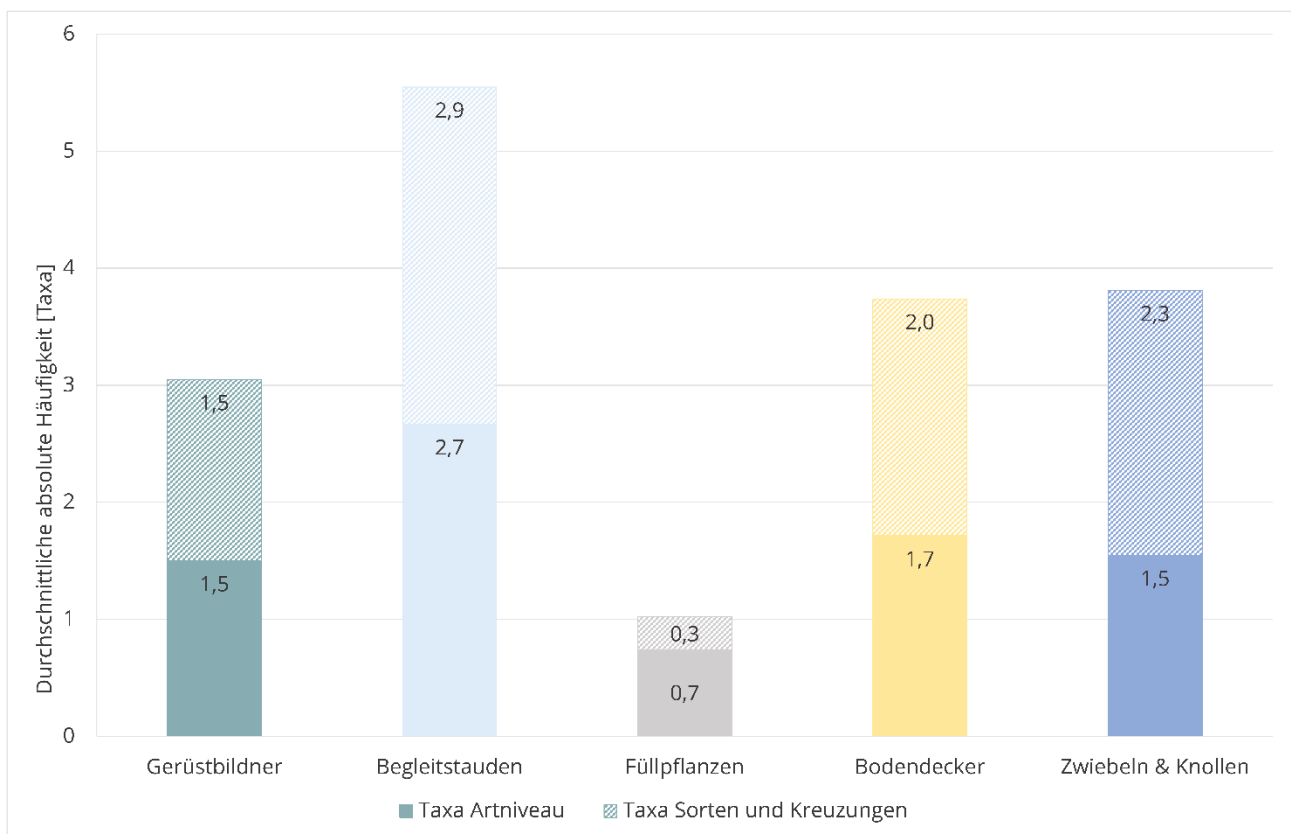


Abb. 16: Durchschnittliche absolute Häufigkeit wichtiger Funktionstypen in Mischpflanzungen mit taxonomischer Differenzierung nach Arten sowie Sorten und Kreuzungen. Werte geben durchschnittliche absolute Häufigkeiten der Taxa auf eine Nachkommastelle gerundet wieder.

Verteilung wichtiger Funktionstypen nach Lebensbereichskategorie

Die Verteilung der durchschnittlichen absoluten Häufigkeiten der Funktionstypen nach den Lebensbereichskategorien (Abb. 17) zeigt, dass die Anzahl der Gerüstbildner unabhängig von der Lebensbereichskategorie drei bis vier Taxa enthielt und mindestens eine aber höchstens drei Füllpflanzen umfasste. In den Lebensbereichskategorien 1 und 3 wurde eine insgesamt höhere Anzahl der Taxa sowie höhere Anzahlen der Taxa der Funktionstypen Begleitstaude, Bodendecker sowie Zwiebeln & Füllpflanzen festgestellt. In den Lebensbereichskategorien 1 und 3 betrug die durchschnittliche absolute Häufigkeit der insgesamt verwendeten Taxa 23 bis 25. Ohne die erwartete starke Annäherung der Durchschnittswerte durch Mehrfachzählung würde der Unterschied in den Anzahlen der Taxa zwischen den Lebensbereichskategorien 1 und 2 noch größer (Weinheimer *Präriesommer* = LB Kat 1 und 2). Ebenso zeigen die Lebensbereichskategorien 4 und 5 niedrigere Anzahlen der Taxa bei einer gleichmäßig niedrigeren Verteilung der Funktionstypen Begleitstauden, Bodendecker,

Zwiebel & Knollen sowie Füllpflanzen. In den Lebensbereichskategorien 2, 4 und 5 betrug die Anzahl der insgesamt verwendeten Taxa lediglich 14 bis 15. Die erwartete starke Annäherung der Durchschnittswerte durch Mehrfachzählung der Mischpflanzungen muss bei der Bewertung berücksichtigt werden, da zehn Pflanzungen beiden Lebensbereichskategorien 4 und 5 angehörten und nur elf Pflanzungen allein Kategorie 4 und nur zwei Pflanzungen allein Kategorie 5 zugeordnet wurden. Die Aussagekraft des Ergebnisses wird allerdings dadurch gestützt, dass zwei Mischpflanzungen sowohl Lebensbereichskategorie 2 als auch Lebensbereichskategorie 4 zugeordnet wurden. Die Lebensbereichskategorie 3 zeigte die höchste Anzahl der Taxa, die vor allem durch eine hohe Anzahl an Begleitstauden und Gerüstbildner gebildet wurde. Die Lebensbereichskategorie 3 enthielt nur die Wädenswiler Mischpflanzungen *Indian Sunset* und *Pink Paradise* und ist daher wenig aussagekräftig.

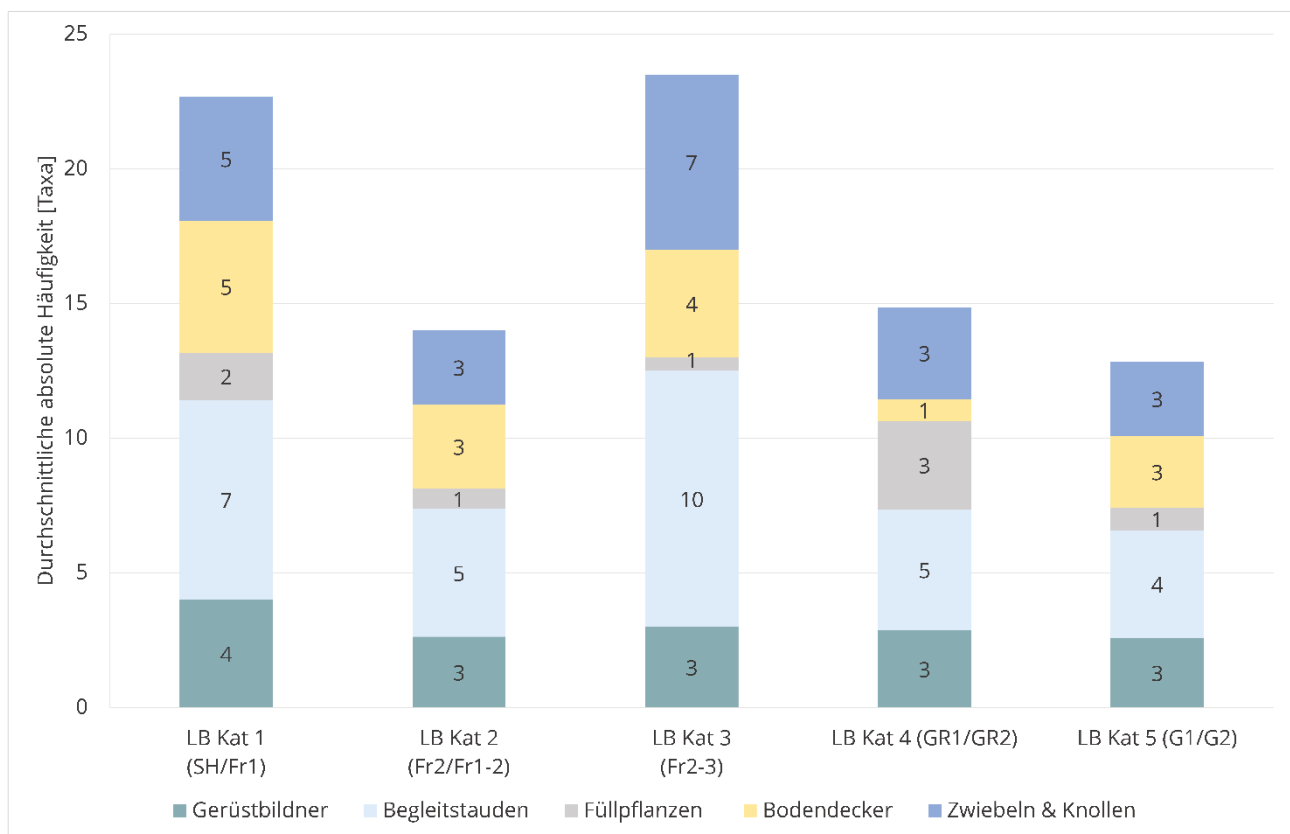


Abb. 17: Durchschnittliche absolute Häufigkeit der Taxa wichtiger Funktionstypen der Mischpflanzungen nach Lebensbereichskategorien. Werte geben auf ganze Zahlen gerundete durchschnittliche absolute Häufigkeiten wieder. Gestapelte Säulen geben graphisch ungerundete durchschnittliche absolute Häufigkeiten wieder.

Gerüstbildner

Die untersuchten Mischpflanzungen enthielten mindestens ein und maximal sieben gerüstbildende Taxa. 50 % der Mischpflanzungen enthielten zwischen zwei und vier Gerüstbildner (Abb. 18). Im Mittel enthielt eine Mischpflanzung drei Gerüstbildner.

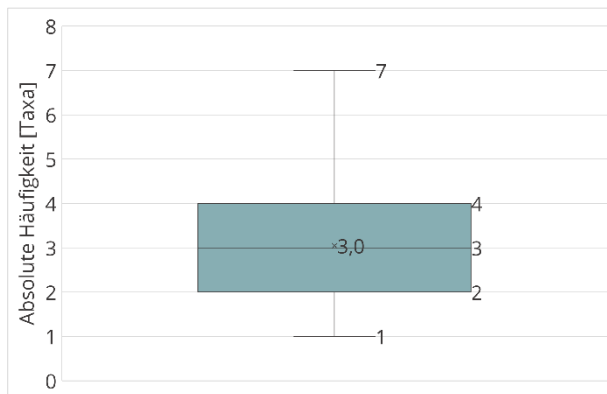


Abb. 18: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Gerüstbildner in 42 Mischpflanzungen. Dargestellt werden Ausreißer, Mittelwert und exklusiver Median. Mittelwert auf ganze Zahl gerundet.

Bodendecker

Die untersuchten Mischpflanzungen enthielten mindestens einen und maximal acht Bodendecker, wobei die hohe Anzahl von acht Taxa einen Ausreißer bildete (Abb. 20). Im Mittel enthielten Mischpflanzungen vier bodendeckende Taxa. 50 % der Mischpflanzungen enthielten zwischen zwei und vier Bodendecker.

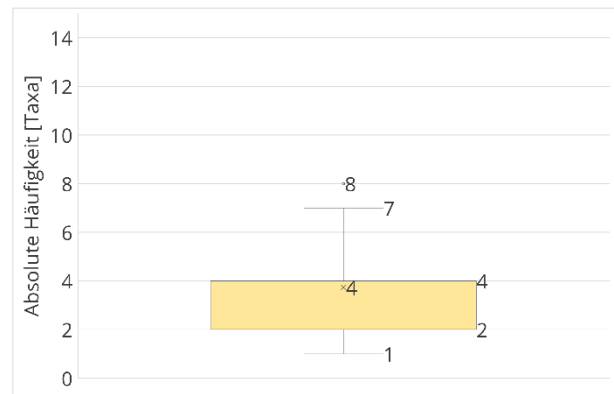


Abb. 20: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Bodendecker in 42 Mischpflanzungen. Dargestellt werden Ausreißer, Mittelwert und exklusiver Median. Mittelwert auf ganze Zahl gerundet.

Begleitstauden

Die untersuchten Mischpflanzungen enthielten mindestens eine und maximal 15 Begleitstauden, wobei die hohe Anzahl von 15 Taxa einen Ausreißer bildete (Abb. 19). 25 % der Mischpflanzungen mit den höchsten absoluten Häufigkeiten enthielten zwischen sieben und elf Taxa. 50 % der Mischpflanzungen enthielten zwischen vier und sieben Begleitstauden. Im Mittel enthielt eine Mischpflanzung sechs Begleitstauden.

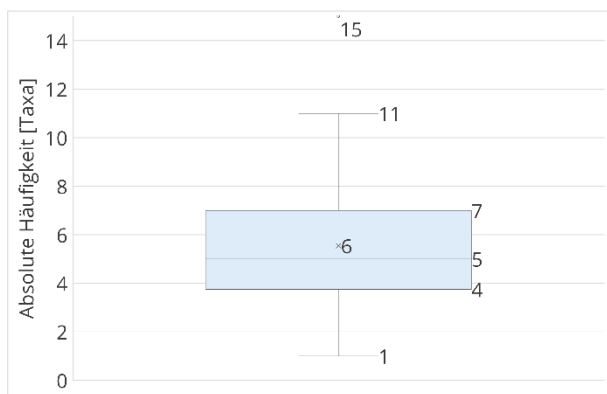


Abb. 19: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Begleitstaude in 42 Mischpflanzungen. Dargestellt werden Ausreißer, Mittelwert und exklusiver Median. Mittelwert auf ganze Zahl gerundet.

Zwiebeln & Knollen

Die untersuchten Mischpflanzungen enthielten zwischen zwei und maximal 14 Taxa des Funktionstyps Zwiebeln & Knollen, wobei die hohe Anzahl von 14 Taxa einen Ausreißer bildete. Im Mittel enthielten Mischpflanzungen vier Taxa dieses Funktionstyps. 50 % der Mischpflanzungen enthielten zwischen zwei und fünf Taxa (Abb. 21). Zwei Mischpflanzungen enthielten keine Taxa dieses Funktionstyps.

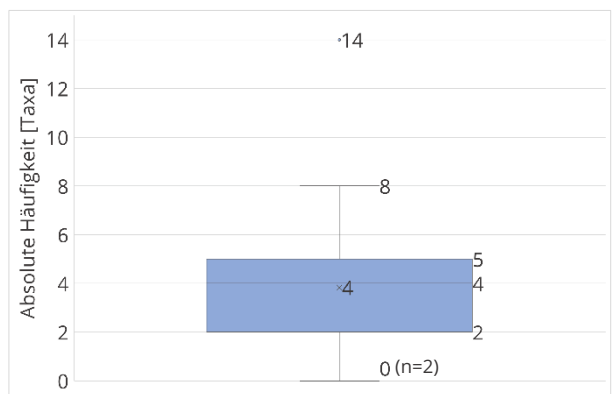


Abb. 21: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der Taxa des Funktionstyps Zwiebeln & Knollen in 42 Mischpflanzungen. Dargestellt werden Ausreißer, Mittelwert und exklusiver Median. Mittelwert auf ganze Zahl gerundet.

Häufigkeit verwendeter Arten und Sorten

Innerhalb von 43 untersuchten Mischpflanzungen ohne die von der Pflanzendatenbank angebotenen Alternativen wurde bei der Erfassung häufig verwendeter Taxa auf Artniveau und Sortenniveau deutlich, dass Sorten häufiger mehrfach verwendet wurden als Arten (Abb. 22). Sorten von *Panicum virgatum* wurden siebenmal in Mischpflanzungen verwendet. Die häufigsten Taxa auf Artebene wie *Carex pendula* wurden in drei Mischpflanzungen verwendet. Bei der Hälfte der am häufigsten verwendeten Arten und bei der Hälfte der Arten mit den am häufigsten verwendeten Sorten handelte es sich um Gräser (Abb. 23).

Innerhalb von 43 Mischpflanzungen des BdS wurden einschließlich der von der Pflanzendatenbank angebotenen Alternativen 246 gerüstbildende Taxa gelistet, die ein- bis siebenmal in Mischpflanzungen verwendet wurden. Unter diesen Gerüstbildnern befanden sich 111 Arten, Unterarten oder Variationen sowie 135 Sorten (Abb. 22 und Abb. 23).

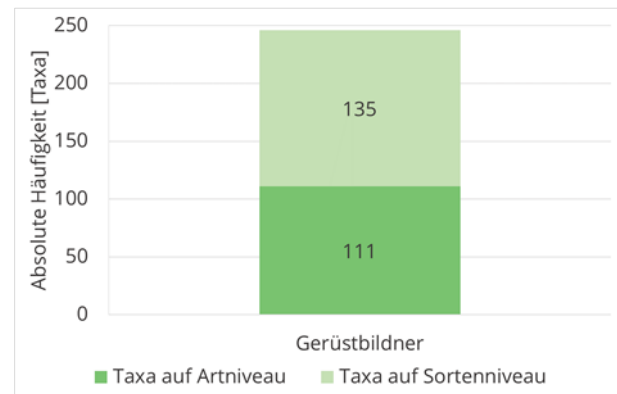


Abb. 22: Verteilung der Gerüstbildner auf Arten und Sorten. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder.

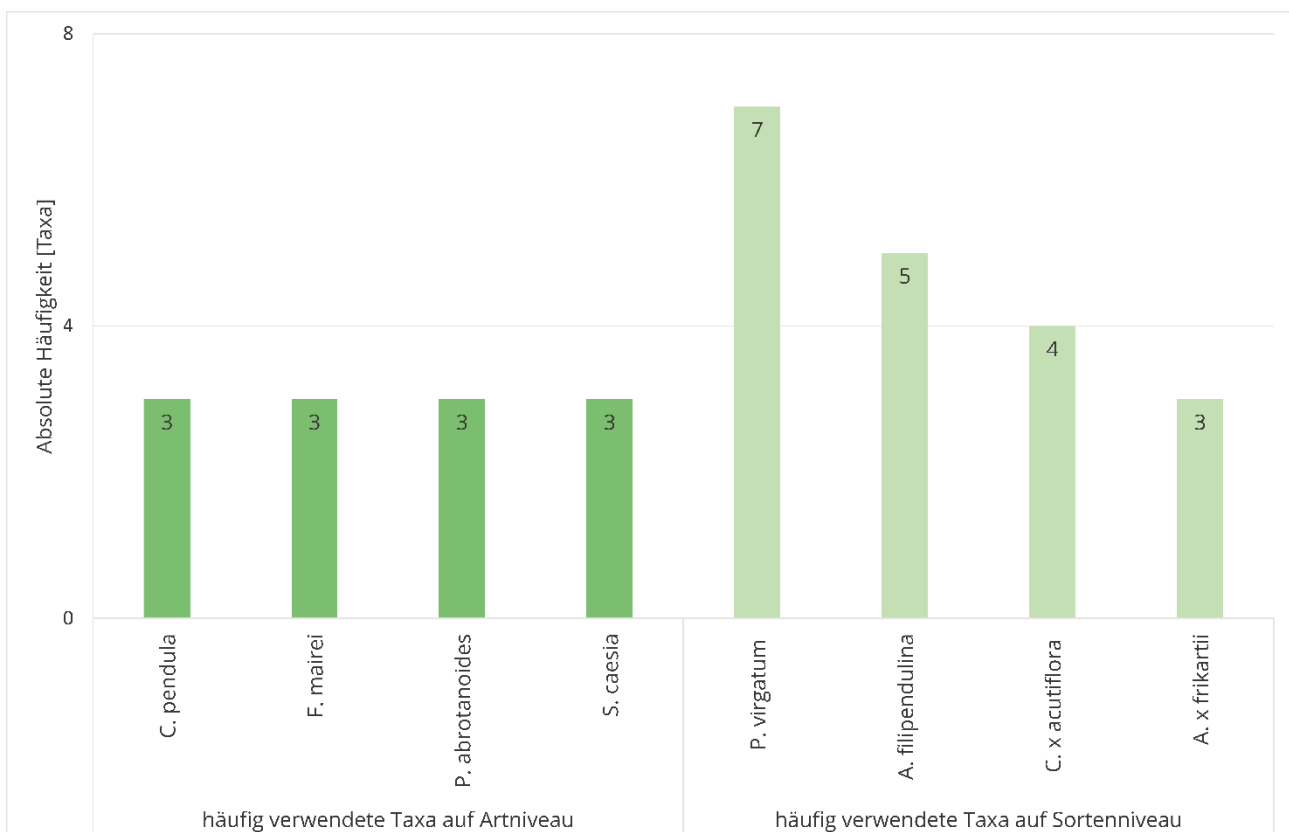


Abb. 23: Am häufigsten verwendete Arten und Arten mit den am häufigsten verwendeten Sorten. Werte geben absolute Häufigkeiten an.

3.1.2 Identifikation der Funktionstypen

Um zu verstehen, wie Taxa der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstaude und Bodendecker standardisiert identifiziert und zugeordnet werden können, wurden die absoluten Häufigkeiten der Funktionstypen nach Geselligkeitsstufen und Lebensformen erfasst.

Gerüstbildner

Innerhalb von 43 Mischpflanzungen des BdS wurden einschließlich der von der Pflanzen-datenbank angebotenen Alternativen 246 Taxa dem Funktionstyp Gerüstbildner zugewiesen.

Unter den Gerüstbildnern waren mit 62 % die meisten Taxa der Geselligkeitsstufe I zugeordnet, hierunter hauptsächlich Stauden und Gräser (Abb. 24 und Abb. 25). 31 % der Gerüstbildner waren der Geselligkeitsstufen II zugeordnet, hierunter vor allem Stauden. Weitere vier Prozent der Gerüstbildner zählten zu den Gehölzen (Abb. 24). Drei Prozent der Gerüstbildner waren Geselligkeitsstufe III zugeordnet.

Unter den Gerüstbildnern befanden sich mit *Verbascum bombyciferum* und *Verbascum chaixii* 'Album' lediglich zwei bienne Taxa (Abb. 25). Es wurden lediglich fünf Gerüstbildner der Geselligkeitsstufe III verwendet, zwei davon waren Stauden (*Campanula rapunculoides*, *Phlomis russeliana*) und drei davon Gräser (*Carex pendula*). Das Gras *Carex pendula* wurde in drei Mischpflanzungen als Gerüstbildner verwendet.

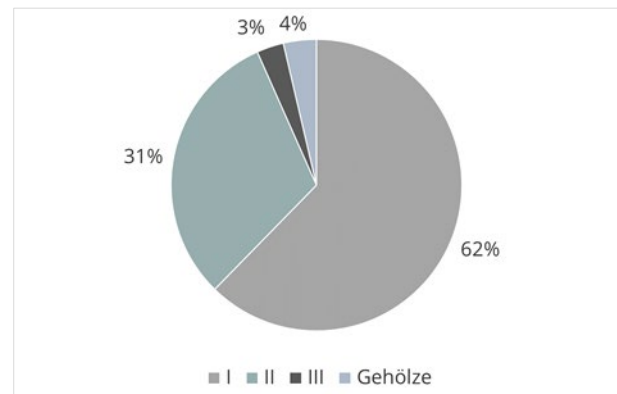


Abb. 24: Prozentualer Anteil der Geselligkeitsstufen der für Mischpflanzungen deklarierten Gerüstbildner. Prozentsätze basierend auf absoluten Häufigkeiten der Taxa in gerundeten Prozent.

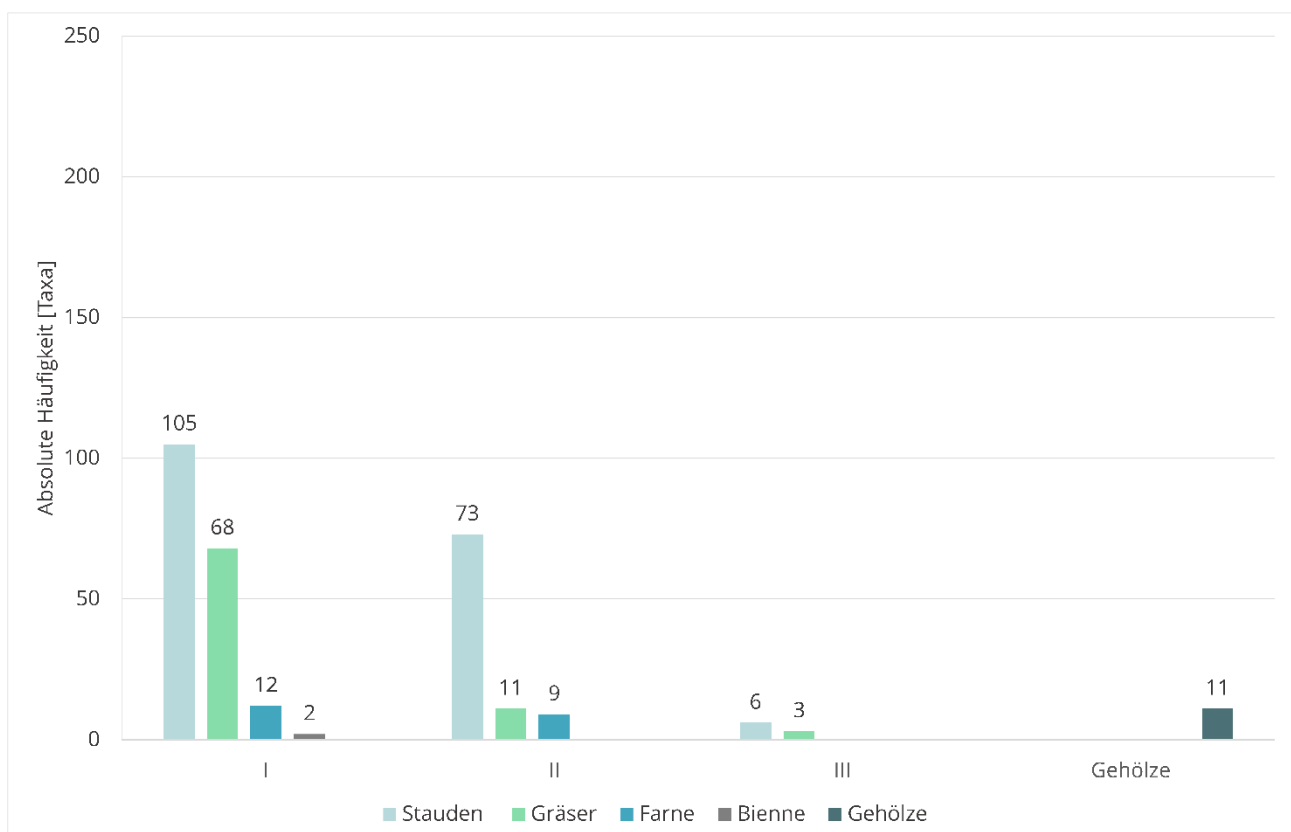


Abb. 25: Lebensformen der in Mischpflanzungen verwendeten Gerüstbildner, sortiert nach Geselligkeitsstufen. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder.

Begleitstauden

Innerhalb der 43 untersuchten Mischpflanzungen des BdS wurden einschließlich der Alternativen 381 Taxa dem Funktionstyp Begleitstaude zugewiesen. Dieser Funktionstyp ist unter den insgesamt verwendeten Taxa am häufigsten (Abb. 14). Unter den Begleitstauden waren mit 48 % die meisten Taxa der Geselligkeitsstufe II zugeordnet, hierunter hauptsächlich Stauden (Abb. 26 und Abb. 27). 39 % der Begleitstauden wurden Geselligkeitsstufe I zugeordnet und 11 % Geselligkeitsstufe III. 1 % der Begleitstauden haben die Geselligkeitsstufen IV und V (Abb. 26).

Unter den Begleitstauden befanden sich keine biennen Arten oder Gehölze (Abb. 27). Die meisten Begleitstauden gehörten zur Lebensform Staude mit den Geselligkeitsstufen II und I (Abb.).

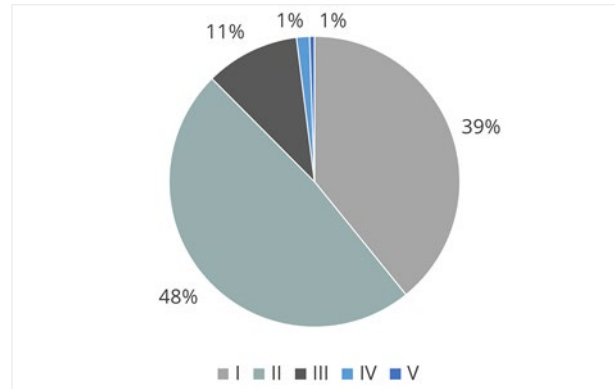


Abb. 26: Prozentualer Anteil der Geselligkeitsstufen der für Mischpflanzungen deklarierten Begleitstauden. Prozentsätze basierend auf absoluten Häufigkeiten der Taxa. Werte geben gerundete Prozentwerte wieder.

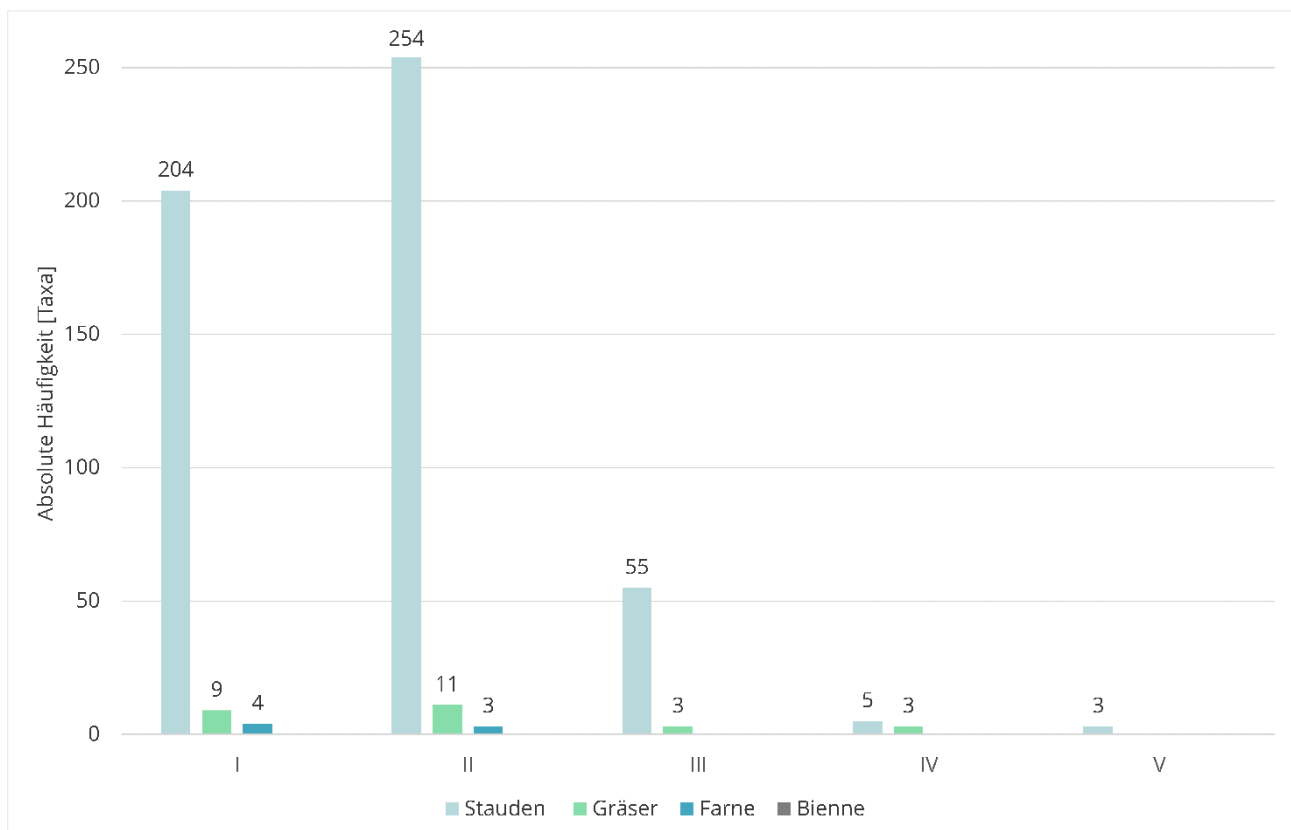


Abb. 27: Lebensformen der für Mischpflanzungen deklarierten Begleitstauden sortiert nach Geselligkeitsstufen. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder.

Bodendecker

Innerhalb der 43 untersuchten Mischpflanzungen des BdS wurden einschließlich der Alternativen 233 Taxa dem Funktionstyp Bodendecker zugewiesen. Unter den Bodendeckern waren 47 % Geselligkeitsstufe II, 26 % Geselligkeitsstufe III, 15 % Geselligkeitsstufe I und 11 % Geselligkeitsstufe IV zugeordnet (Abb. 28). Lediglich ein Prozent der Taxa wurde Geselligkeitsstufe V zugeordnet.

In Geselligkeitsstufe I und Geselligkeitsstufe V wurden neben wenigen Gräsern hauptsächlich Stauden als Bodendecker verwendet. In den Geselligkeitsstufen II, III, und IV wurden hauptsächlich Stauden als Bodendecker verwendet (Abb. 29).

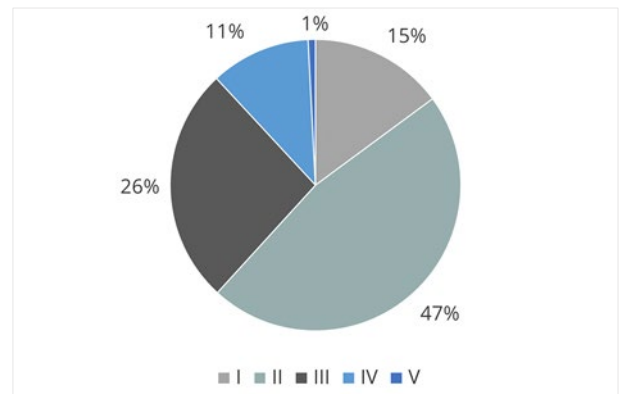


Abb. 28: Prozentualer Anteil der Geselligkeitsstufen der für Mischpflanzungen deklarierten Bodendecker. Prozentsätze basierend auf absoluten Häufigkeiten der Taxa in gerundeten Prozent.

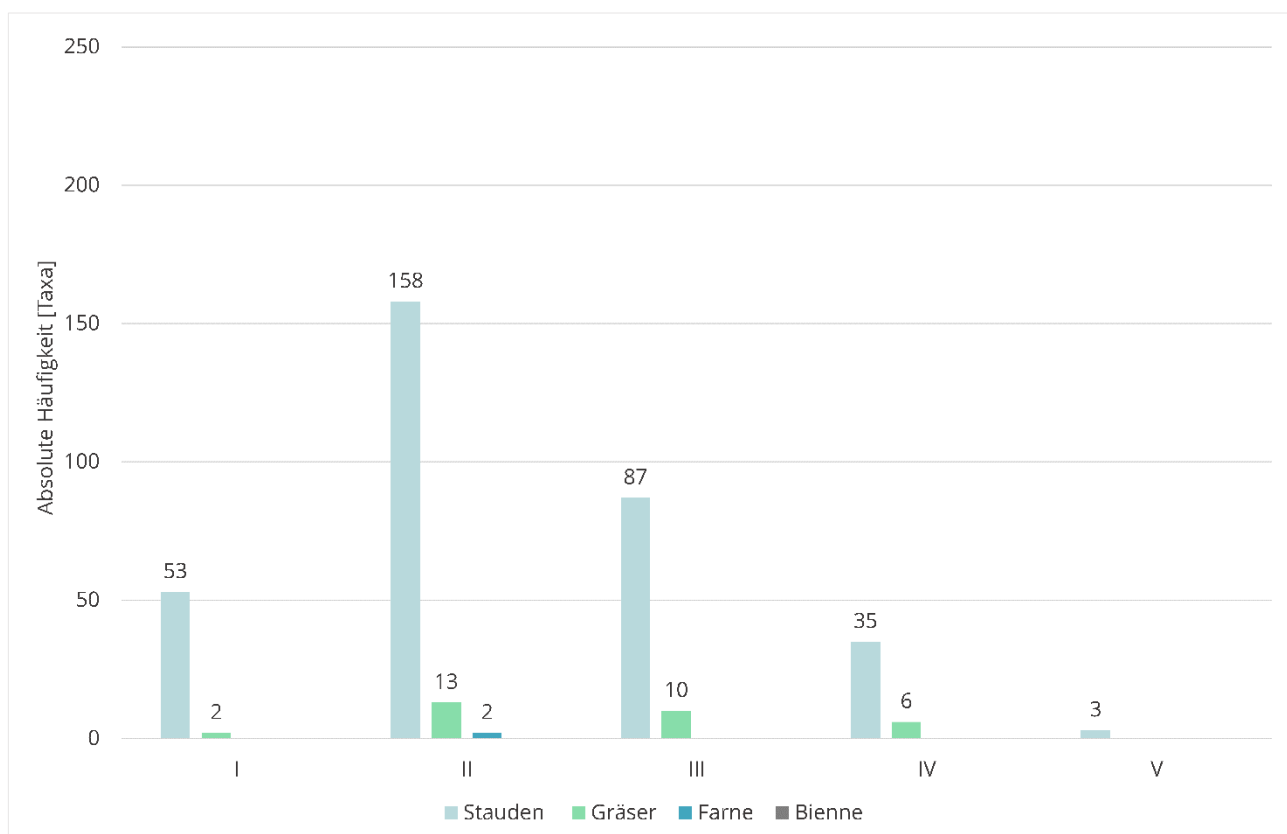


Abb. 29: Lebensformen der für Mischpflanzungen deklarierten Bodendecker sortiert nach Geselligkeitsstufen. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder.

3.1.3 Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank

Verfügbarkeit der Taxa nach Filterung

In der Pflanzendatenbank waren 15.327 Taxa gelistet. 10.155 Taxa waren einem oder mehreren Lebensbereichen zugeordnet (Abb. 30). Darunter befanden sich 9.367 ungefüllt blühende Taxa, oder Taxa, für die keine Angabe gemacht wurde, weshalb angenommen wurde, dass solche Taxa ungefüllt blühen. Unter diesen Taxa waren 8.625 Winterhärtezonen unter 9 zugeordnet. Durch die weitere Filterung nach Taxa für die Angaben zu Bodenfeuchte, Geselligkeitsstufe, Lebensform und Herkunft vorliegen, änderte sich der Datensatz nur geringfügig auf 8.415 Taxa. Unter diesen gefilterten Taxa waren 5.346 Sorten heimischer und nicht-heimischer Arten, 2.225 nicht-heimische Arten und 847 heimische Arten.

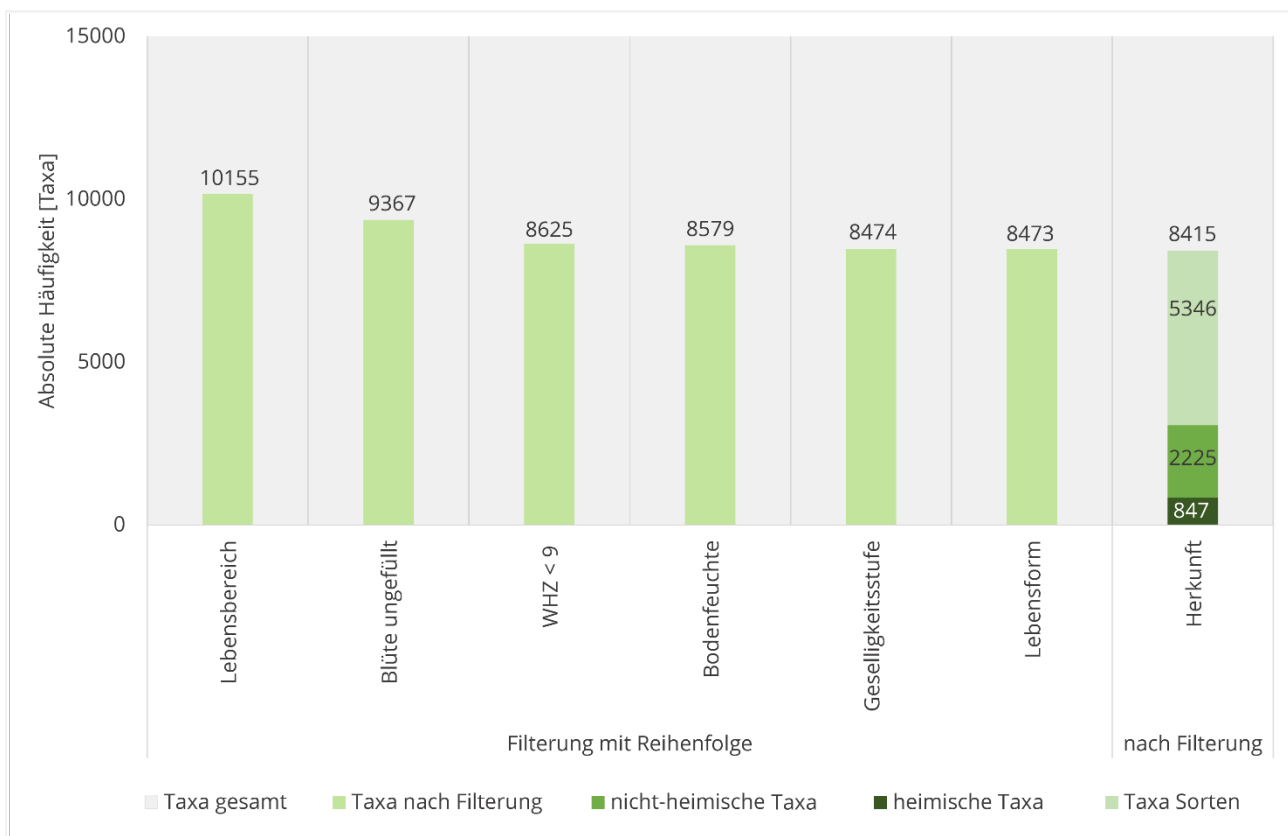


Abb. 30: Verfügbarkeit der Taxa nach der Filterung wichtiger Angaben, die das intelligente Planungswerkzeug nutzt, um formulierte Konditionen bei der Zusammensetzung einer Zielarten-Mischpflanzung zu erfüllen.

Verfügbarkeit der gefilterten Taxa nach Lebensbereichen

Unter 8.415 nach der Filterung wichtiger Kriterien noch verfügbaren Taxa, bot die Pflanzen-datenbank unabhängig von den Bodenfeuchtestufen 1 bis 3 im Lebensbereich Steppenheide (SH) 151 Taxa, im Lebensbereich Freifläche (Fr) 4.358 Taxa, im Lebensbereich Beet (B) 3.275 Taxa, im Lebensbereich Gehölzrand (GR) 2.729 Taxa, im Lebensbereich Gehölz (G) 849 Taxa, im Lebensbereich Alpinum (A) 609 Taxa und im Lebensbereich Steinanlagen (St) 2.887 Taxa (Abb. 31). Bis auf den Lebensbereich Steppenheide (SH) waren die meisten Taxa der Bodenfeuchtestufe frisch (2) zugeordnet. Im Lebensbereich Steppenheide (SH) waren die

meisten Taxa der Bodenfeuchtestufe trocken (1) zugeordnet. Unabhängig von der Bodenfeuchte waren die meisten Taxa für den Lebensbereich Freifläche (Fr) verfügbar. In den Lebensbereichen Steppenheide (SH), Gehölz (G) und Alpinum (A) waren unabhängig von der Bodenfeuchte die wenigsten Taxa verfügbar. Für die Lebensbereiche Gehölz (G), Gehölzrand (GR), und Beet (B) liegen die absoluten Häufigkeiten der insgesamt dem Lebensbereich zugeordneten Taxa nur unwesentlich höher als die absoluten Häufigkeiten der Taxa für die Bodenfeuchtestufe 2, da viele Taxa gleichzeitig den Bodenfeuchtestufen 1 oder 2 zugeordnet waren.

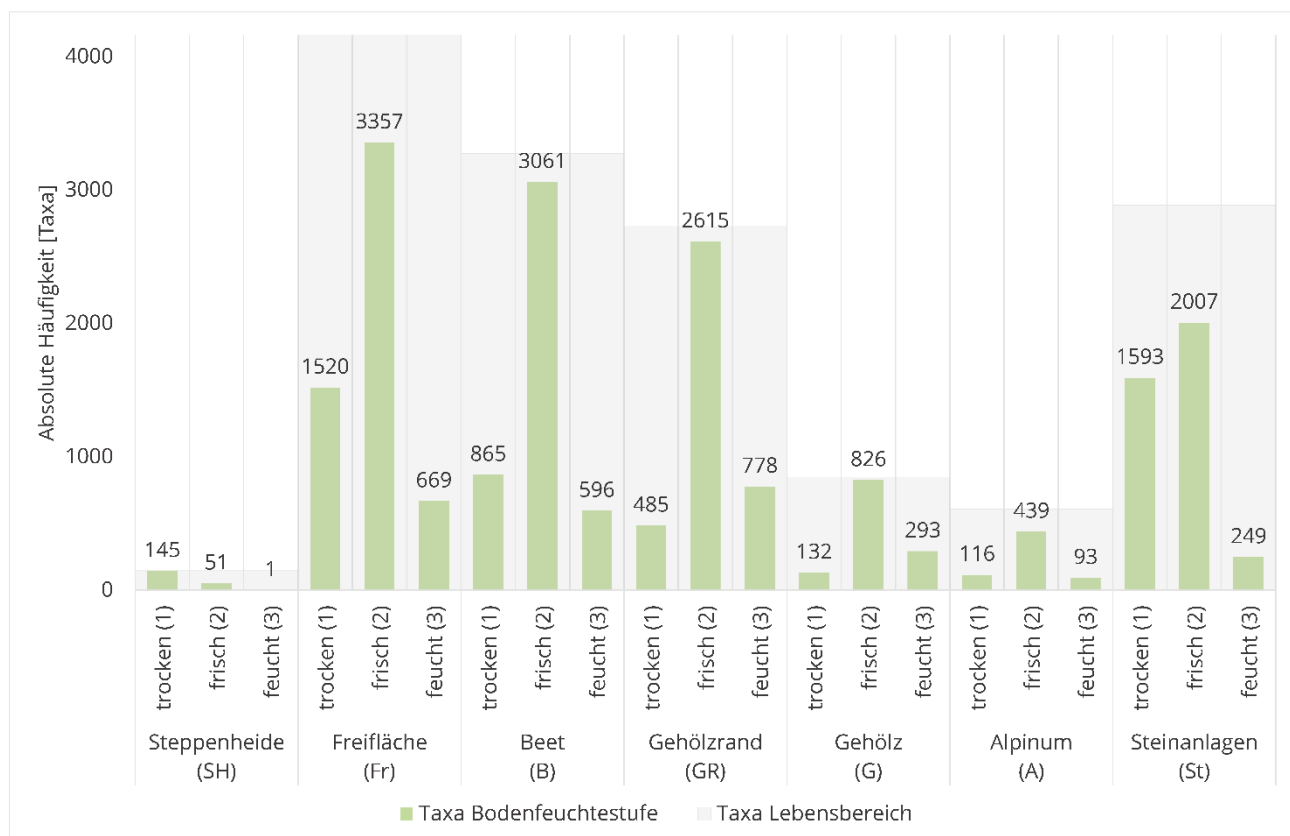


Abb. 31: Verteilung der 8.415 verfügbaren Taxa der Pflanzendatenbank nach Lebensbereichen und Bodenfeuchtestufen. Werte geben absolute Häufigkeiten wieder.

Verfügbarkeit der gefilterten Taxa nach Funktionstypen und Lebensformen

Nach Anwendung der für das intelligente Planungswerkzeug formulierten Konditionen zur Identifikation der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitarten und Bodendecker auf die 8.415 verfügbaren Taxa der Pflanzendatenbank verblieben für die Lebensbereiche Freifläche (Fr), Beet (B), Gehölzrand (GR) und Steinanlagen (St) mindestens jeweils 100 Taxa der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitarten und Bodendecker (Abb. 32). In den Lebensbereichen Steppenheide (SH), Gehölz (G) und Alpinum (A) waren die Funktionstypen vor allem als Stauden

verfügbar. Der Lebensbereich Steppenheide (SH) insgesamt über die niedrigste absolute Häufigkeit an Taxa. Die Lebensbereiche Steppenheide (SH) mit 44 Taxa und Alpinum (A) mit 13 Taxa wiesen die geringsten absoluten Häufigkeiten des Funktionstyps Gerüstbildner auf. Für alle Lebensbereiche standen mindestens 100 Taxa des Funktionstyps Begleitarten zur Verfügung. Der Lebensbereich Steppenheide (SH) wies mit 35 Taxa die niedrigste absolute Häufigkeit des Funktionstyps Bodendecker auf.

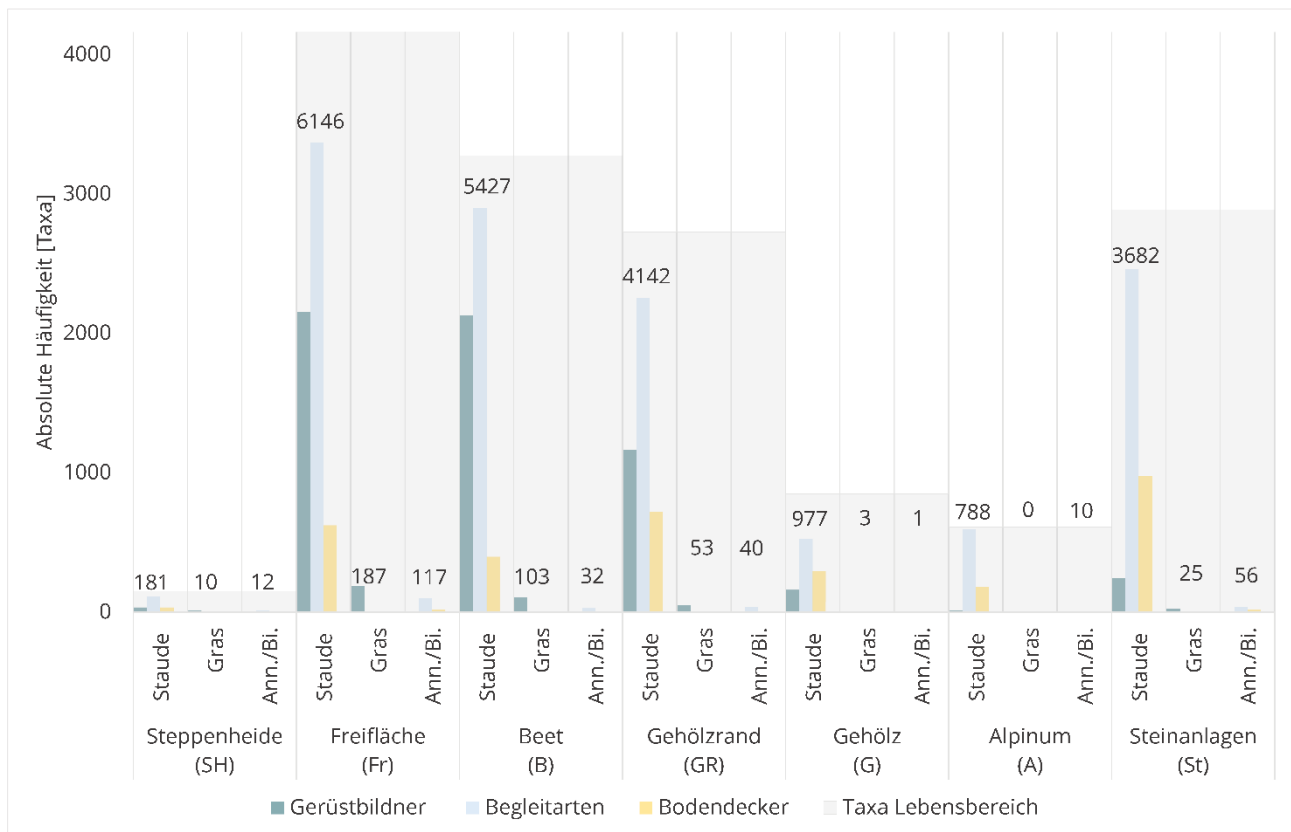


Abb. 32: Verfügbarkeit der Taxa nach Erfüllung der für das intelligente Planungswerkzeug formulierten Konditionen zur Identifikation der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitarten und Bodendecker. Werte geben Summen der absoluten Häufigkeiten aller Funktionstypen innerhalb einer Lebensform wieder.

3.2 Wildbienen

3.2.1 Ernährungsweise & Phänologie

Absolute Gefährdungsstufen eins bis drei der Rote-Liste und Ernährungsweise

Bei der Betrachtung der absoluten Häufigkeiten der vom Aussterben bedrohten, stark gefährdeten, gefährdeten und auf der Vorwarnliste geführten Wildbienenarten wird deutlich, dass mehr stark gefährdete und gefährdete polylektische Wildbienenarten registriert wurden (Abb. 33). Ähnlich viele oligolektische und polylektische Wildbienenarten galten als vom Aussterben bedroht oder wurden auf der Vorwarnliste geführt.

Unter den in Deutschland verbreiteten Wildbienenarten gibt es etwa zweimal so viele polylektische Arten wie oligolektische Arten. Um die Artenzahlen bezogen auf die Ernährungsweisen vergleichen zu können, werden nachfolgend die Gefährdungsstufen der Roten Liste gemäß ihres Anteils an der Gesamtf fauna betrachtet.

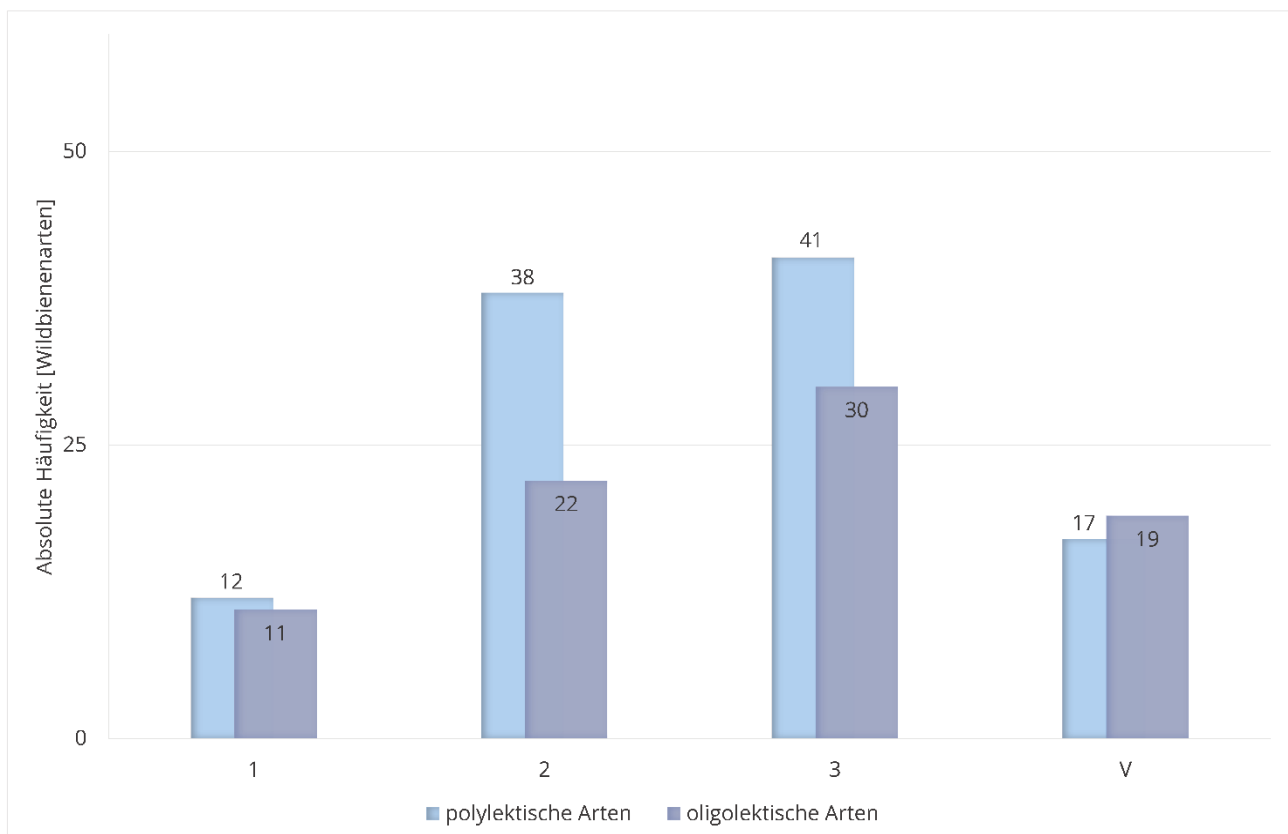


Abb. 33: Absolute Häufigkeit des Rote-Liste-Status für Deutschland nach SCHEUCHL et al. (2023) getrennt nach oligolektischen und polylektischen Wildbienenarten im Vergleich. 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste. Werte geben absolute Häufigkeit wieder.

Relative Gefährdungsstufen der Roten Liste und Ernährungsweise

Unter den nach WESTRICH (2019: 721) 567 in Deutschland verbreiteten Wildbienenarten lebten 139 parasitisch und ernährten sich zwar von Blütennektar und Pollen, benötigten jedoch keinen Pollen zur Versorgung ihrer Brut (WESTRICH 2019: 236) (Abb. 34). Ungefähr die Hälfte der Wildbienenarten ernährte sich polylektisch und sammelte Pollen an Taxa vieler Pflanzenfamilien oder Pflanzengruppen. Ungefähr ein Viertel der Wildbienenarten sammelte Pollen oligolektisch an nur einer Pflanzenfamilie oder sogar streng oligolektisch an nur einer Pflanzengattung.

Relativ zur Gesamtartenzahl waren oligolektische Wildbienenarten häufiger vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet und wurden häufiger auf der Vorwarnliste geführt als polylektische Wildbienenarten (Abb. 35).

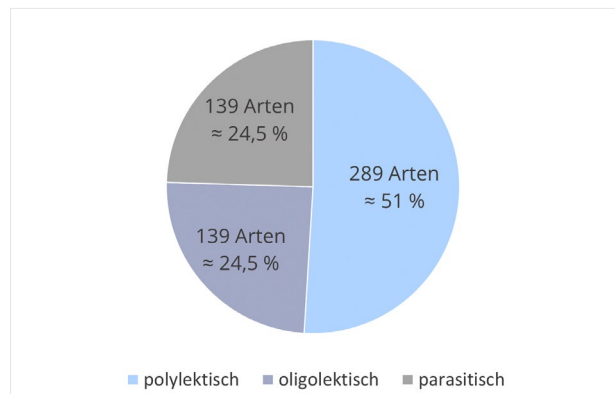


Abb. 34: Absolute Häufigkeiten der Ernährungsweisen heimischer Wildbienenarten nach WESTRICH (2019: 721). Prozentwerte wurden auf eine Nachkommastelle gerundet.

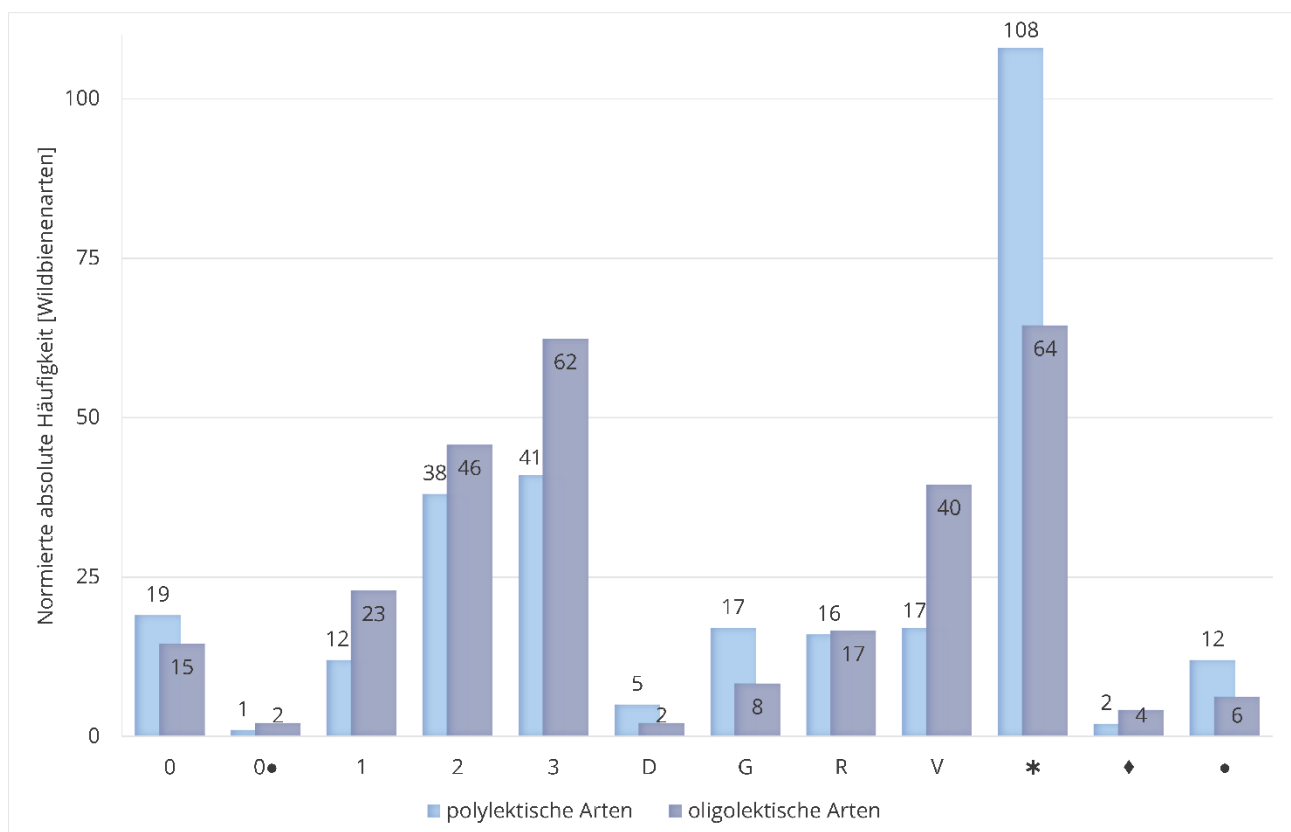


Abb. 35: Normierte absolute Häufigkeit des Rote-Liste-Status für Deutschland nach SCHEUCHL et al. (2023) getrennt nach oligolektischen und polylektischen Wildbienenarten, entsprechend ihrer Gewichtung. 0 = ausgestorben oder verschollen, 0• = aktueller (ab 2000) Nachweis, der nach dem Erscheinen der jeweiligen Roten Liste erfolgte 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, R = extrem selten, V = Vorwarnliste. D = Daten unzureichend, * = ungefährdet, ♦ = nicht bewertet, • = aktueller (ab 2000) Nachweis, der bisher nicht in der RL des betreffenden Bundeslandes berücksichtigt ist. Werte geben normierte absolute Häufigkeit wieder.

Phänologie oligolektischer Wildbienenarten

Die Verteilung der Flugzeiten oligolektischer Wildbienenarten zeigt, dass der Großteil der Arten in den Sommermonaten Juni, Juli und August flog (Abb. 36). Die acht ab März fliegenden Wildbienenarten, waren nur bis Mai aktiv (Tab. 11, Anhang). Während im August noch 52 Wildbienenarten flogen, nahm die Anzahl fliegender Arten ab Mitte September stark ab. Wildbienenarten, die ab September bis Oktober flogen, begannen ihre Flugaktivität bereits zumindest im August. Die Darstellung bildet weder Sammelaktivitätsschwerpunkte der Wildbienenarten, noch die Dauer der Flugzeiträume ab. Nach eigenen Beobachtungen fliegen Individuen einzelner Wildbienenarten bereits früher, als in der Literatur (WESTRICH 2019) angegeben.

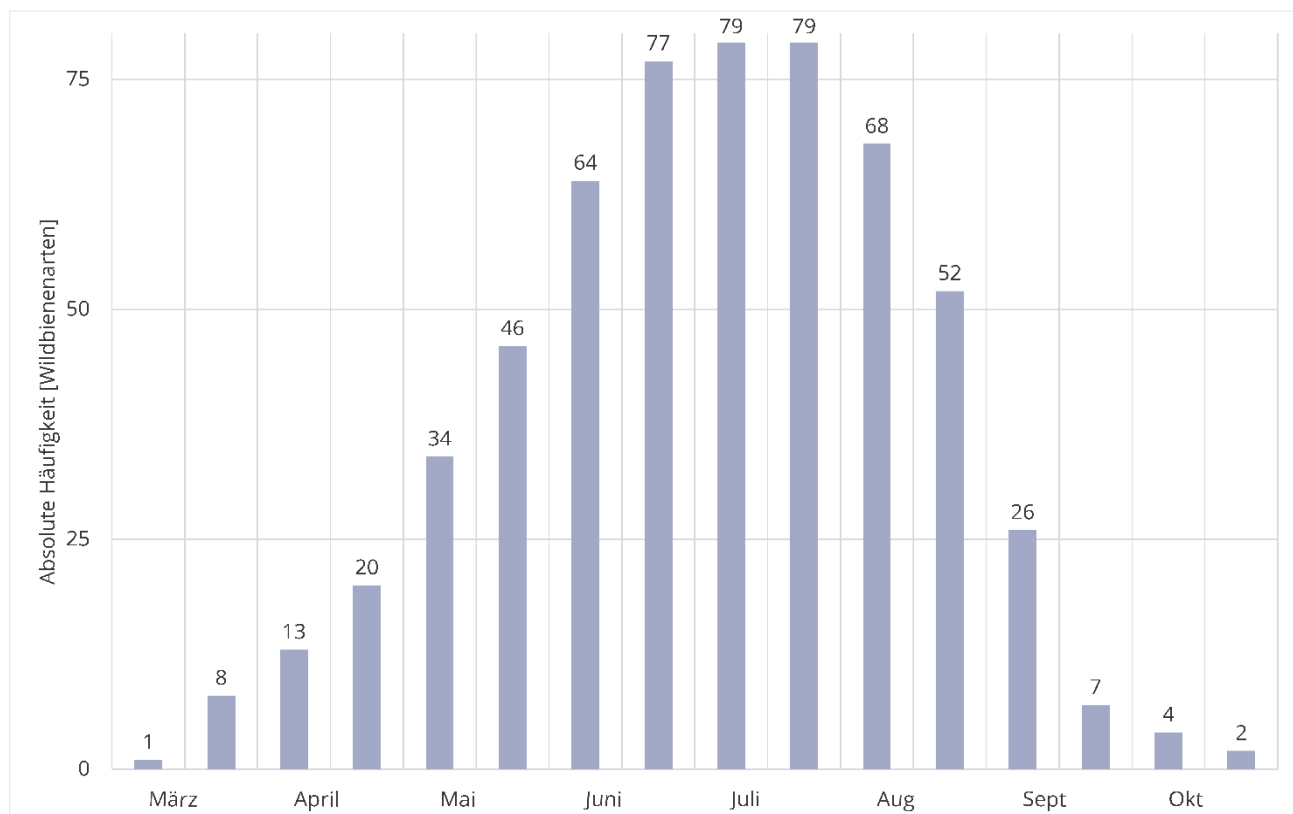


Abb. 36: Absolute Häufigkeit der nach zweiwöchigen Flugzeiträumen erfassten oligolektischen Wildbienenarten. Werte geben absolute Häufigkeit wieder. Flugzeiten nach WESTRICH (2019).

3.2.2 Pollenquellen

Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best})

Unter 8.415 nach der Filterung wichtiger Kriterien noch verfügbaren Taxa bot die Pflanzen-datenbank 256 der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) aus WESTRICH (2019) (Abb. 37). 92 Gehölze und weitere 163 Taxa darunter Stauden, bienne und annuelle Taxa waren nicht in der Datenbank gelistet (Tab. 15 und Tab. 16, Anhang).

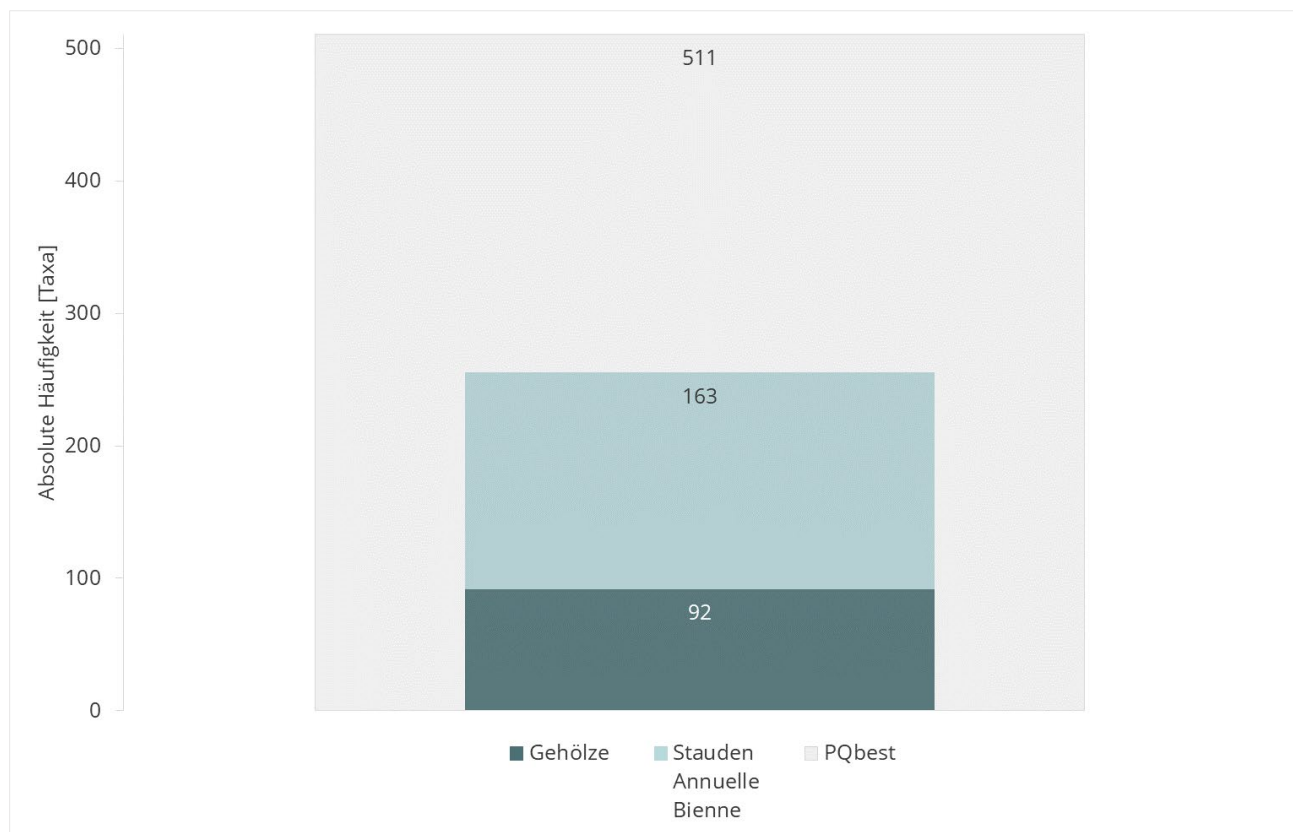


Abb. 37: Absolute Häufigkeit der Taxa aus 511 durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) aus WESTRICH (2019), welche die Pflanzendatenbank nicht enthält.

Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) für 19 Wildbienenarten

Für den Testdatensatz der exemplarisch gewählten Wildbienenarten wurde die Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank geprüft (Abb. 38). In der Pflanzendatenbank waren 70 % der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) polylektischer Wildbienenarten und 64 % der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) der oligolektischen Wildbienenarten gelistet. Für jede Wildbienenart des Testdatensatzes lagen in der Pflanzendatenbank durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) vor, auch dann, wenn für die jeweilige Wildbienenart nur eine geringe Anzahl durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ_{best}) in WESTRICH (2019) aufgeführt wurden (Abb. 39). Dies galt insbesondere für die auf Dipsacaceen spezialisierte Wildbienenart *Andrena hattorfiana* für die drei durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) vorlagen und für die auf Ranunculaceen spezialisierte Wildbienenart *Chelostoma florisomne*, für die zwei durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) vorlagen.

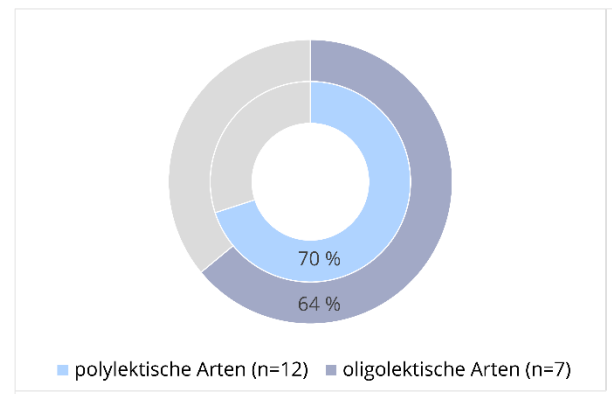


Abb. 38: Gemittelte Verfügbarkeit, der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank.

Auch zu polylektischen Wildbienenarten wie *Hylaeus communis* und *Anthophora furcata* lagen nur wenige durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) vor, obwohl diese als polylektische Wildbienenarten an vielen Pflanzenfamilien und damit an einer großen Anzahl von Taxa Pollen sammeln.

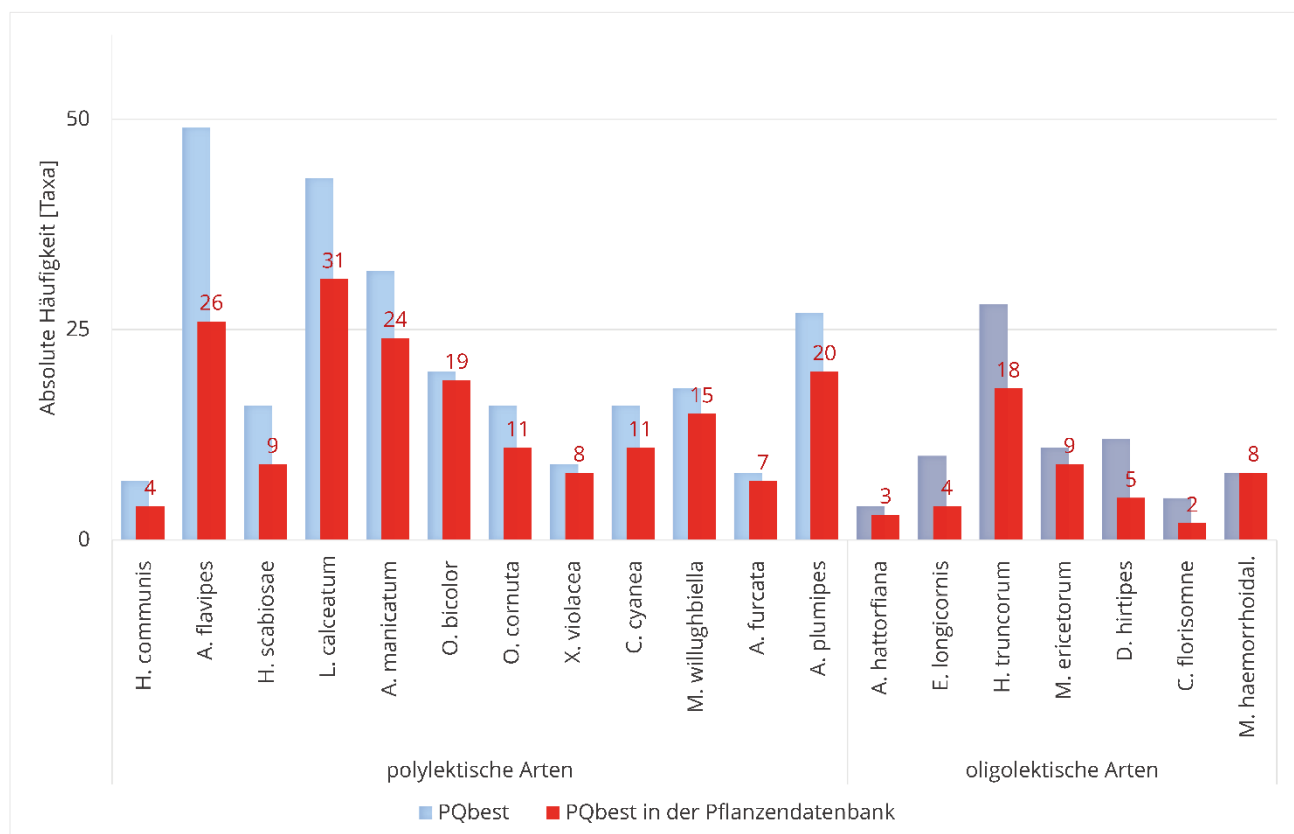


Abb. 39: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) aus WESTRICH (2019) und deren Verfügbarkeit in der Pflanzendatenbank. Rote Werte geben absolute Häufigkeiten der (PQ_{best}) wieder.

Potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot})

Durch die Verwendung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}), ermittelt aus den Beobachtungsdaten von WESTRICH (2019), stieg der Pollenquellenpool in der Pflanzendatenbank. Die potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) wurden auf Pflanzengattungsebene für zwei polylektische und zwei oligolektische Wildbienenarten differenziert betrachtet und bewertet, was im Folgenden dargestellt wird.

Hylaeus communis

Für die an mehreren Pflanzenfamilien sammelnde polylektische Wildbienenart *Hylaeus communis* wurden sieben Taxa als Pollenquellen durch Analysen bestätigt. Von den potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) befanden sich 70 heimische Taxa, 198 nicht-heimische Taxa und 390 Sorten der heimischen und nicht-heimischen Taxa in der Pflanzendatenbank (Abb. 40).

Die durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) *Allium montanum*, *Allium schoenoprasum*, *Reseda lutea* und *Reseda odorata* waren in der Pflanzendatenbank gelistet (Abb. 41). Als potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) stehen arten-

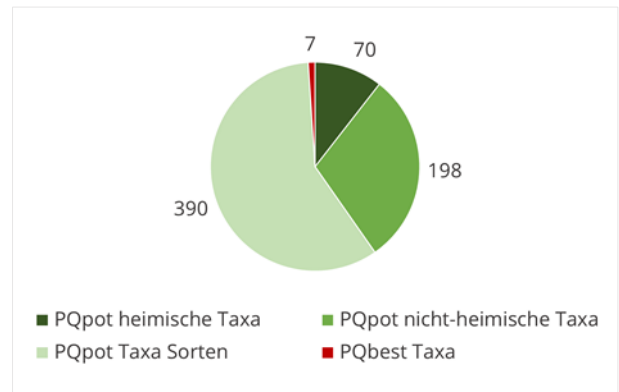


Abb. 40: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) im Vergleich zu in der Pflanzendatenbank verfügbaren potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) für *Hylaeus communis*. Werte geben absolute Häufigkeiten der Taxa wieder.

und sortenreiche Pflanzengattungen wie *Campanula* arten- und sortenarmen Pflanzengattungen wie *Reseda* oder *Echium* gegenüber. Die Pflanzendatenbank enthielt keine Taxa der Gattungen der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) *Galeopsis* und *Sinapis*.

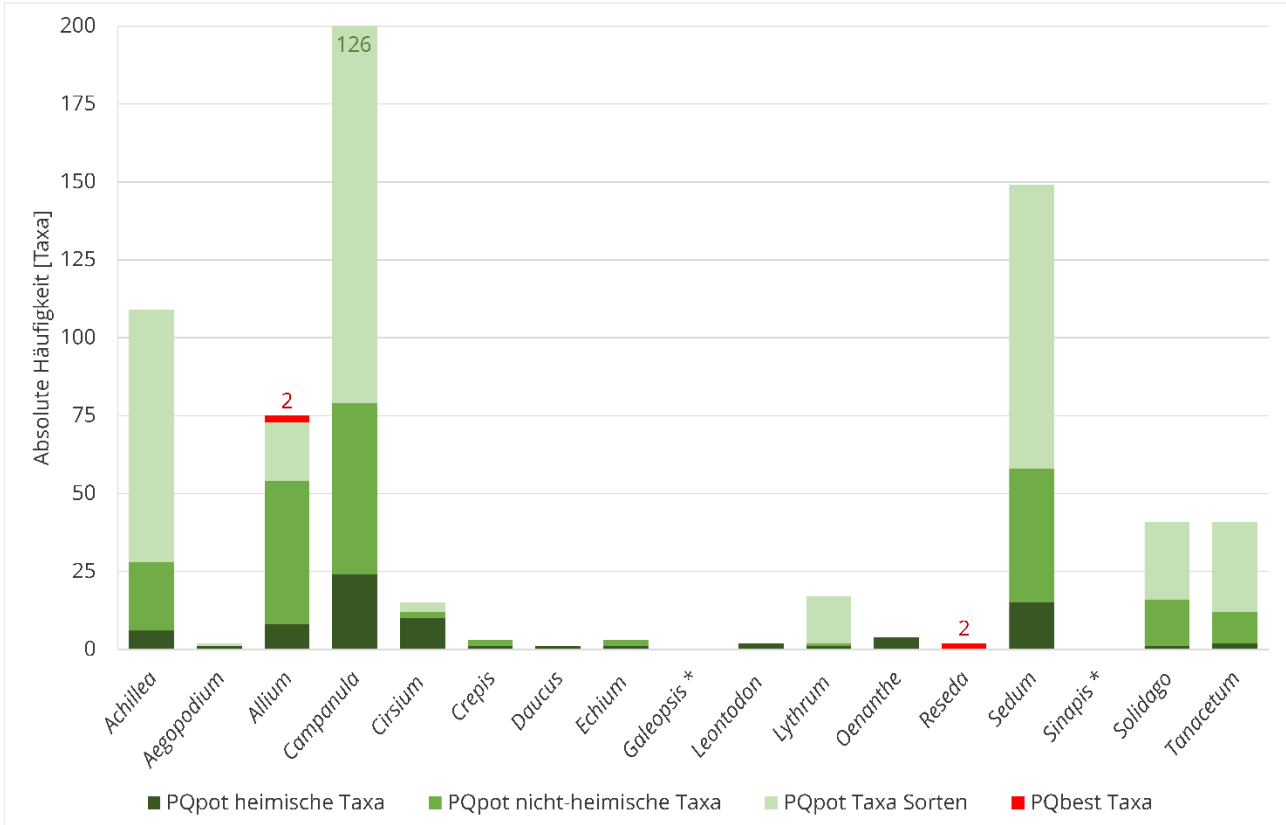


Abb. 41: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank für *Hylaeus communis*. Werte in Rot geben absolute Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) wieder. * = Gattung nicht in der Pflanzendatenbank gelistet. Werte in Grün geben für sortenreiche Gattungen mit über 200 Taxa absolute Häufigkeiten der Sorten wieder.

Anthophora plumipes

Für die an mehreren Pflanzenfamilien sammelnde polylektische Wildbienenart *Anthophora plumipes* wurden 27 Pollenquellen durch Analysen bestätigt. Von den potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) befanden sich 37 heimische Taxa, 256 nicht-heimische Taxa und 858 Sorten der heimischen und nicht-heimischen Taxa in der Pflanzendatenbank (Abb. 42). 20 durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) waren in der Pflanzendatenbank gelistet und auf 14 Gattungen verteilt (Abb. 43). Die Pflanzengattung mit den meisten potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) war aufgrund des umfangreichen verwendungsrelevanten Sortenreichtums (417 Sorten) die Pflanzengattung *Iris*. Die durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) *Iris halophila* war allerdings nicht in der Pflanzendatenbank gelistet.

Mit den nicht-heimischen Taxa *Epimedium pinnatum* und *Tulipa gesneriana* sowie der nicht-heimischen Züchtung *Nepeta x fassenii* gehören auch nicht in Deutschland heimische Taxa zu

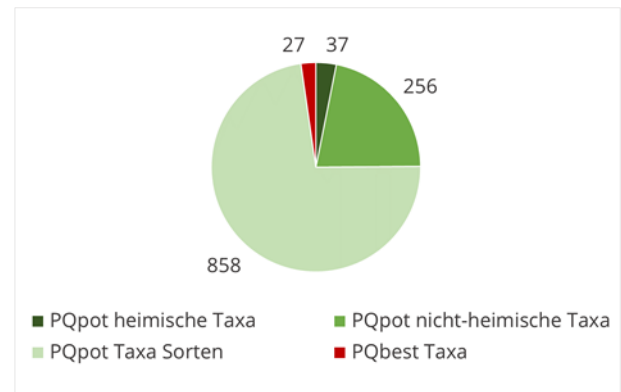


Abb. 42: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) im Vergleich zu in der Pflanzendatenbank verfügbaren potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) für *Anthophora plumipes*. Werte geben absolute Häufigkeiten der Taxa wieder.

den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}). Taxa der Gattungen *Brassica*, *Nonea* und *Odontites* sind nicht in der Pflanzendatenbank gelistet.

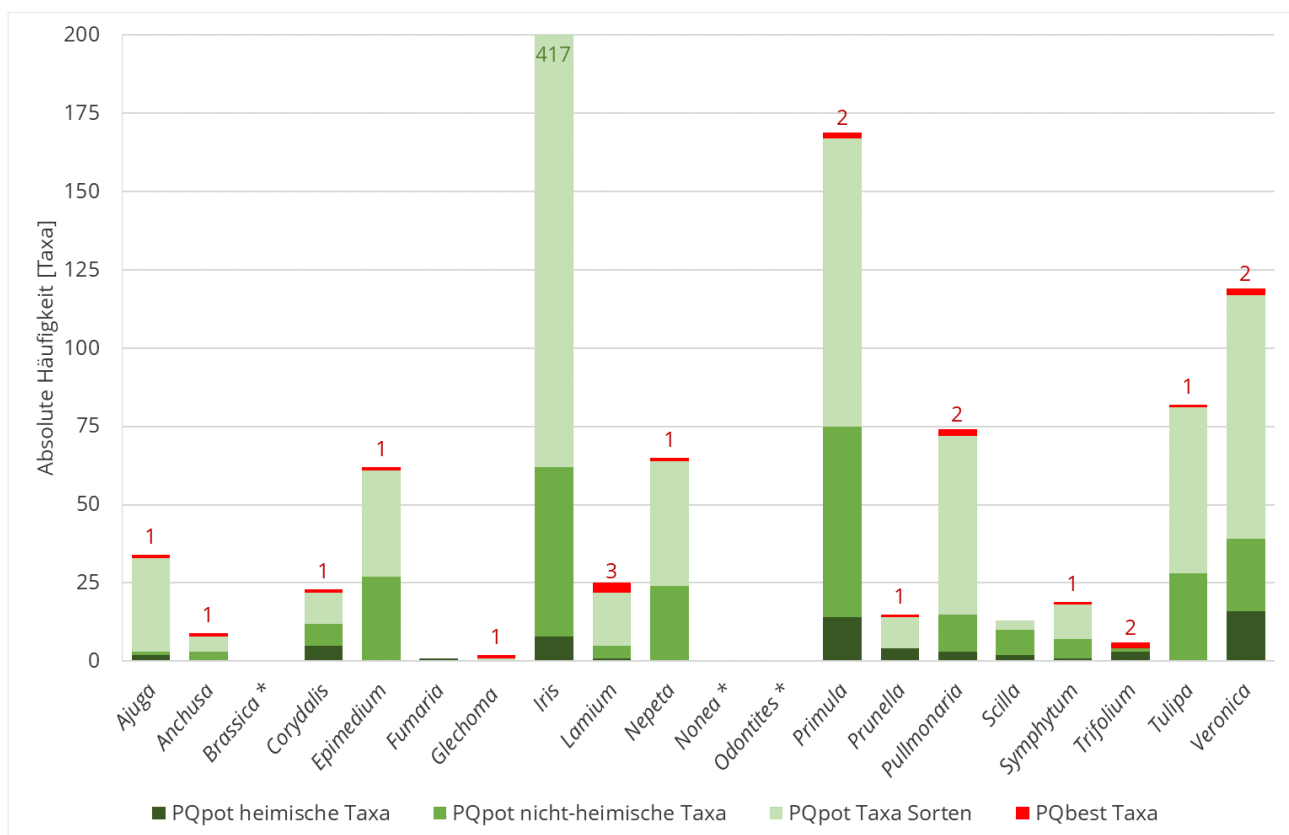


Abb. 43: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank für *Anthophora plumipes*. Werte in Rot geben absolute Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) wieder. * = Gattung nicht in der Pflanzendatenbank gelistet. Werte in Grün geben für sortenreiche Gattungen mit über 200 Taxa absolute Häufigkeiten der Sorten wieder.

Vergleich der polylektischen Wildbienenarten

Bereits der Vergleich der absoluten Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) der beiden polylektischen Wildbienenarten *Hylaeus communis* und *Anthophora plumipes* zeigt, dass die Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank bei diesen Wildbienenarten stark variiert (Abb. 40 und Abb. 42 sowie Abb. 41 und Abb. 43).

Andrena hattorfiana

Für die oligolektisch an Dipsacaceen sammelnde Wildbienenart *Andrena hattorfiana* wurden die Pollenquellen *Knautia arvensis*, *Knautia dipsacifolia*, *Knautia drymeia* und *Scabiosa columbaria* durch Analysen bestätigt. Von den potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) befanden sich 12 heimische Taxa, 44 nicht-heimische Taxa und 110 Sorten der heimischen und nicht-heimischen Taxa in der Pflanzendatenbank (Abb. 44).

Mit *Knautia arvensis*, *Knautia dipsacifolia* und *Scabiosa columbaria* befanden sich drei durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank und wurden durch nicht-heimische Taxa und Sorten ergänzt (Abb. 45). Taxa der Pflanzengattung *Picris* befanden sich nicht in der Pflanzendatenbank. Die Pflanzengattung *Dianthus* war mit zahlreichen verwendungsrelevanten Taxa, darunter viele Sorten, hingegen häufig vertreten und machte den Großteil der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) aus.

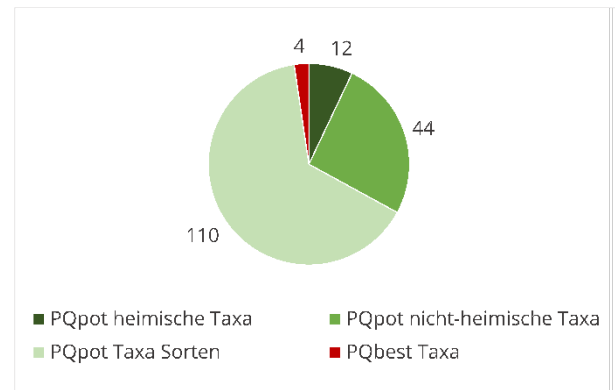


Abb. 44: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) im Vergleich zu in der Pflanzendatenbank verfügbaren potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) für *Andrena hattorfiana*. Werte geben absolute Häufigkeiten der Taxa wieder.

Die Pflanzengattung *Knautia* war neben den heimischen Taxa *Knautia arvensis*, *Knautia dipsacifolia* und *Knautia sylvatica* mit zwei nicht-heimischen Taxa und zwei Sorten in der Pflanzendatenbank vertreten.

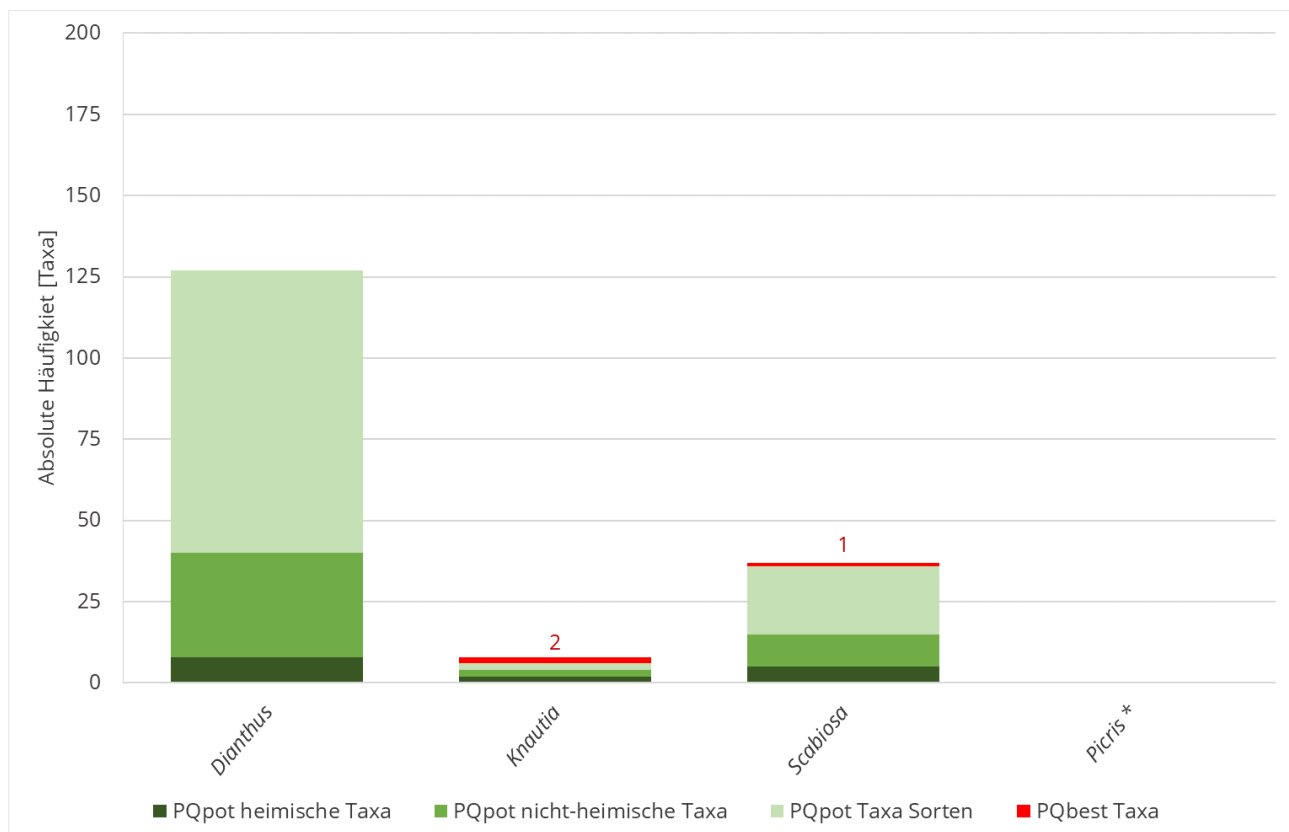


Abb. 45: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank für *Andrena hattorfiana*. Werte in Rot geben absolute Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) wieder. * = Gattung nicht in der Pflanzendatenbank gelistet.

Phänologie von *Andrena hattorfiana* und ihren Pollenquellen

Andrena hattorfiana flog von Mai bis einschließlich August (Abb.). Diese Flugzeit deckte sich mit der Gesamtblütezeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) *Knautia arvensis*, *Knautia dipsacifolia* und *Scabiosa columbaria* sowie den potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}), die aus heimischen Taxa, nicht-heimischen Taxa und ihren Sorten bestanden. Die nach WESTRICH (2019: 342) als Hauptpollenquellen ausgewiesenen Taxa *Knautia arvensis* und *Knautia dipsacifolia* blühten vier Wochen länger als *Andrena hattorfiana* flog. Zu Beginn der Flugzeit von *Andrena hattorfiana* blühte nur die durch Analysen bestätigte Pollenquelle *Knautia arvensis* und die potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) der Gattung *Dianthus*. Ab Juni blühten zusätzlich potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) der Pflanzengattung *Knautia*. Vor allem die nah verwandte Pflanzengattung *Scabiosa* bot in der Pflanzendatenbank zahlreiche Taxa, die während und über die aktuelle Flugzeit hinaus blühen und Pollen bieten.

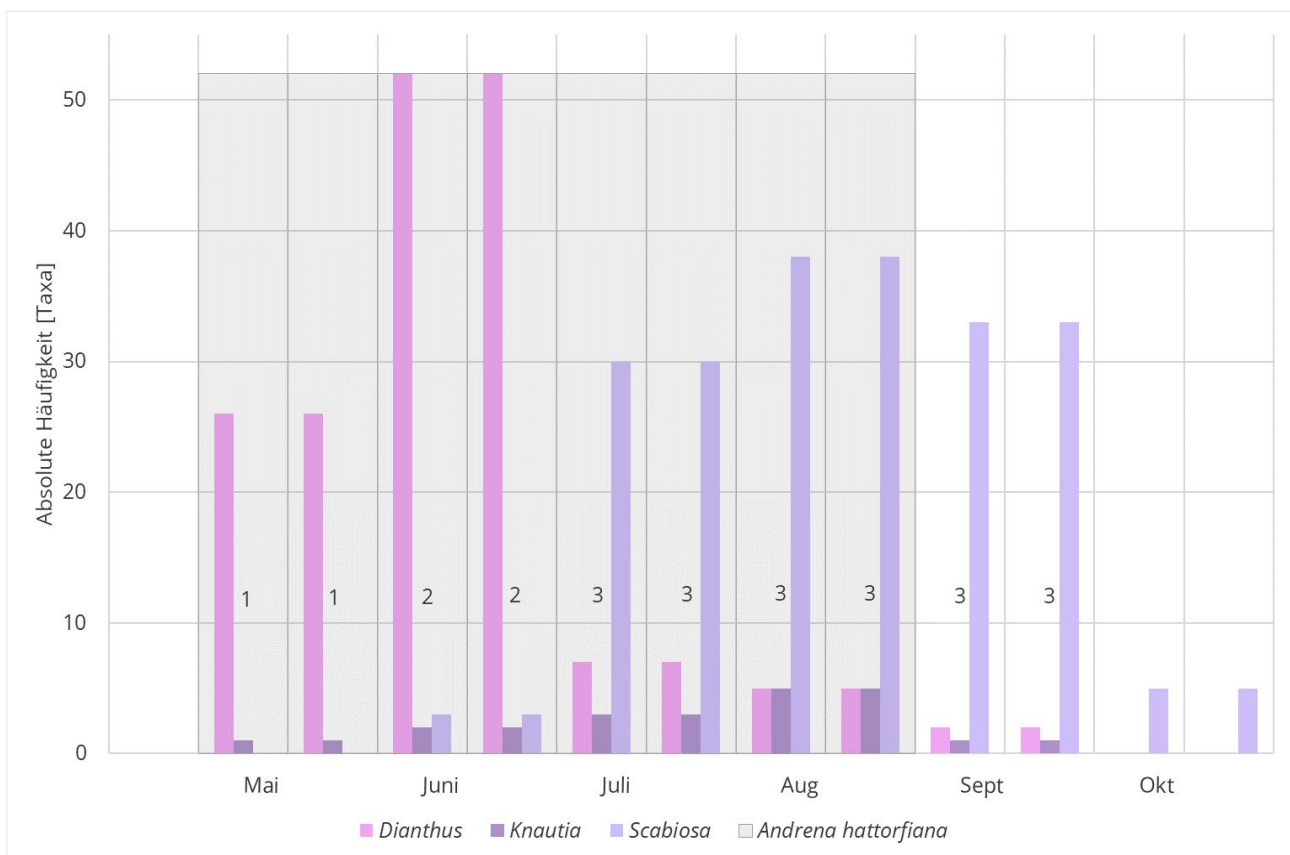


Abb. 46: Phänologische Überschneidung der Flugzeit von *Andrena hattorfiana* und ihrer Pollenquellen der Pflanzendatenbank. Werte geben absolute Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) wieder.

Dasypoda hirtipes

Für die oligolektisch an Asteraceen sammelnde Wildbienenart *Dasypoda hirtipes* wurden elf Pollenquellen durch Analysen bestätigt. Von den potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) befanden sich 28 heimische Taxa, 20 nicht-heimische Taxa und 20 Sorten der heimischen und nicht-heimischen Taxa in der Pflanzendatenbank (Abb. 47). Von diesen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) befanden sich die fünf Taxa *Centaurea jacea*, *Centaurea scabiosa*, *Cichorium intybus*, *Hieracium pilosella* und *Hieracium umbellatum* in der Pflanzendatenbank und wurden bis auf *Cichorium intybus* durch heimische Taxa, nicht-heimische Taxa und Sorten ergänzt (Abb. 48). Die Gattungen der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) *Chondrilla*, *Picris* und *Sonchus* waren nicht in der Pflanzendatenbank gelistet.

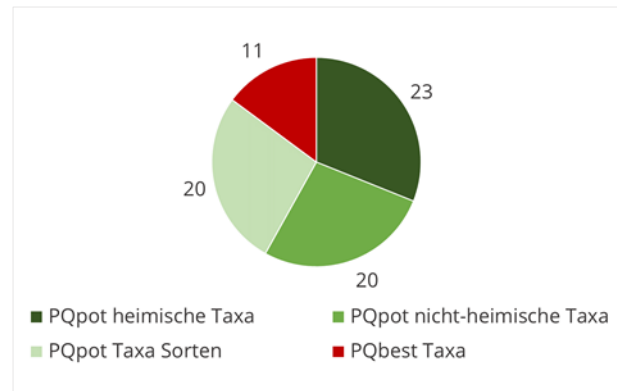


Abb. 47: Absolute Häufigkeit der durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) im Vergleich zu in der Pflanzendatenbank verfügbaren potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) für *Dasypoda hirtipes*. Werte geben absolute Häufigkeiten der Taxa wieder.

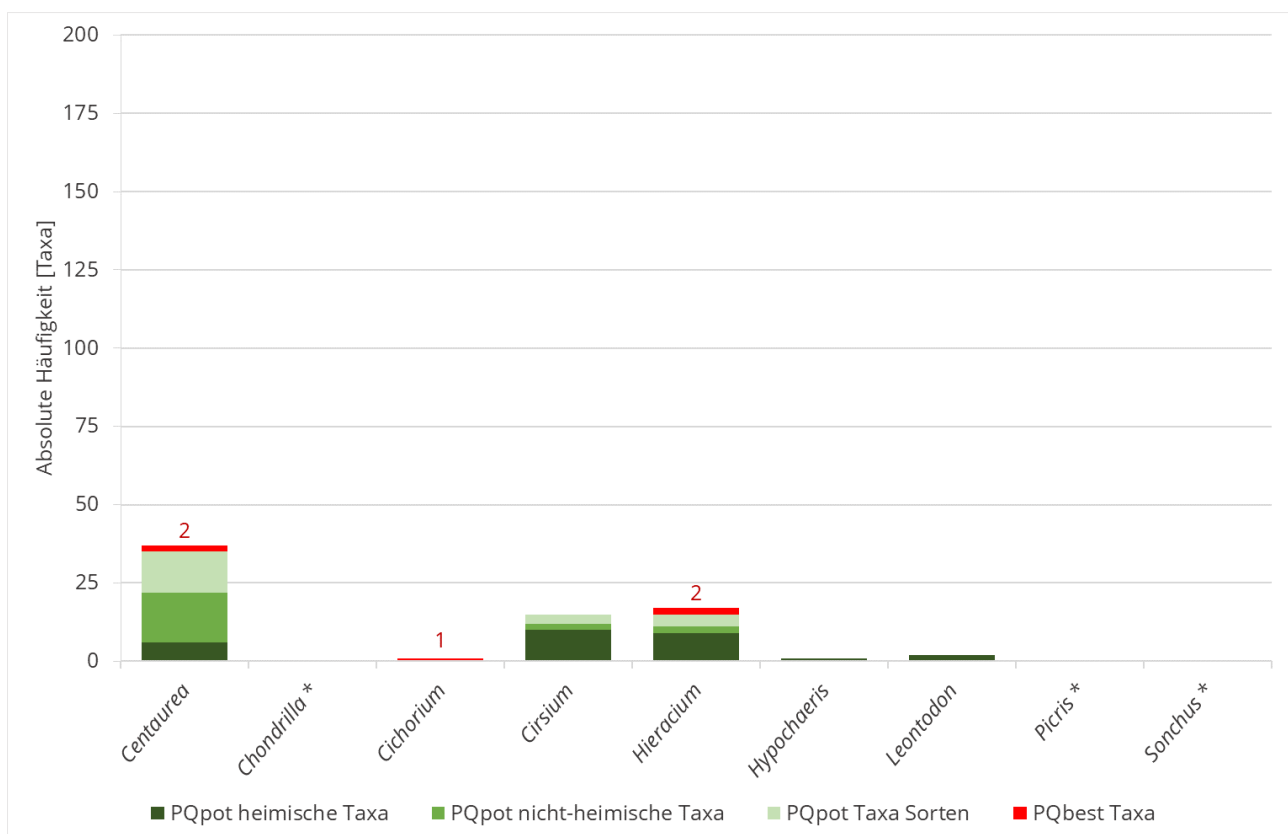


Abb. 48: Verhältnis potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) und durch Analysen bestätigter Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank für *Dasypoda hirtipes*. Werte in Rot geben absolute Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) wieder. * = Gattung nicht in der Pflanzendatenbank gelistet.

Phänologie von *Dasypoda hirtipes* und ihren Pollenquellen

Dasypoda hirtipes flog von Juli bis Mitte September (Abb. 49). Diese Flugzeiten deckten sich mit der Blütezeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}), die auch Zeiträume vor und nach der Flugzeit abdecken. Während der Flugzeit von *Dasypoda hirtipes* standen zahlreiche Taxa potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}), vor allem Taxa und Sorten der Gattung *Centaurea*, zur Verfügung.

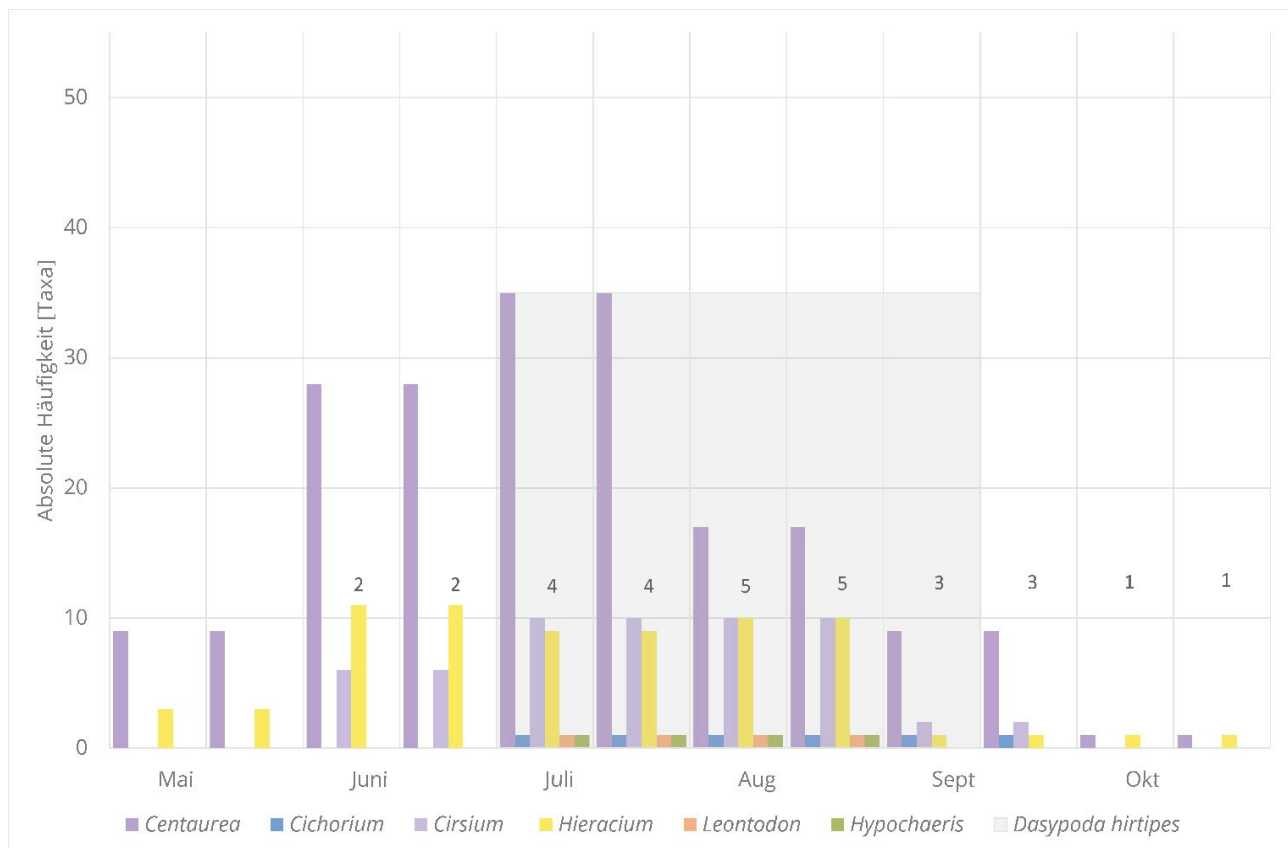


Abb. 49: Phänologische Überschneidung der Flugzeit von *Dasypoda hirtipes* und ihrer Pollenquellen der Pflanzendatenbank. Werte geben absolute Häufigkeiten der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) wieder.

Verhalten des Pollenquellenpools bei Berücksichtigung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot})

Bei der gemittelten Steigerung des Pollenquellenpools wurde für die vier betrachteten Wildbienenarten *Hylaeus communis*, *Anthophora plumipes*, *Andrena hattorfiana* und *Dasypoda hirtipes* festgestellt, dass der Pollenquellenpool bei der Erweiterung um heimische potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) durchschnittlich um das Dreifache stieg. Durch Einbeziehung nicht-heimischer potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) stieg der Pollenquellenpool um das Zehnfache. Durch Einbeziehung von Sorten heimischer und nicht-heimischer potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) stieg der Pollenquellenpool um das Achtundzwanzigfache (Abb. 50).

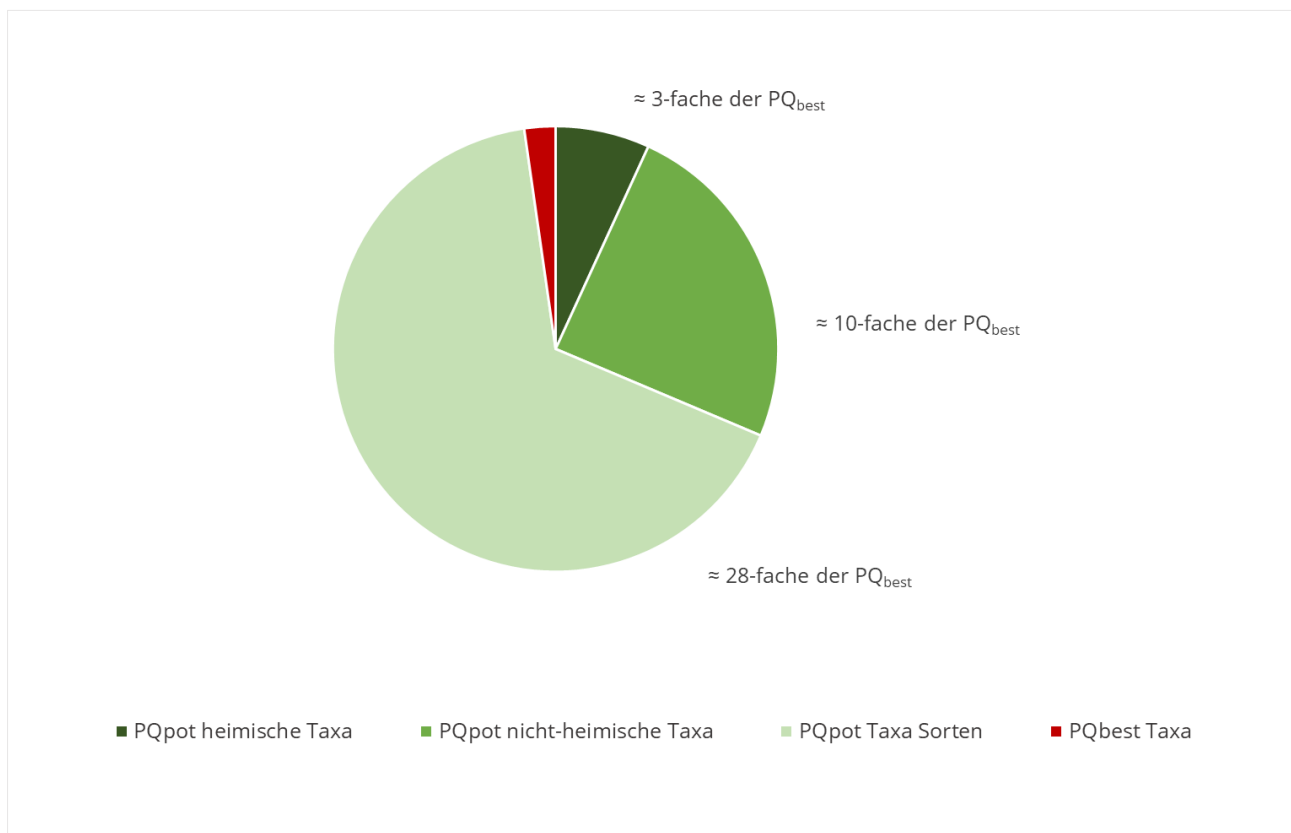


Abb. 50: Gemittelte Steigerung des Pollenquellenpools in der Pflanzendatenbank für die betrachteten Wildbienenarten *Hylaeus communis*, *Anthophora plumipes*, *Andrena hattorfiana* und *Dasypoda hirtipes* durch die Einführung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}).

Relevanz potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot})

Für die Wildbienenarten *Hylaeus nigrinus*, *Heriades truncorum*, *Colletes mlokoszewiczi* und *Colletes daviesanus* ist das nicht-heimische Taxon *Achillea filipendulina* eine durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) und ein häufig verwendeter Dauerblüher in Mischpflanzungen. Für diese oligolektisch an Asteraceen sammelnden Wildbienenarten (bis auf *Colletes mlokoszewiczi*) wurde außerdem das heimische und nahe verwandte Taxon *Achillea millefolium* als Pollenquelle durch Analysen bestätigt. Vergleicht man die Blühperiode der heimischen Taxa, der nicht-heimischen Taxa und der Sorten mit den Flugzeiten dieser Wildbienenarten, stellt man fest, dass *Hylaeus nigrinus*, *Heriades truncorum* und *Colletes daviesanus* länger fliegen als die heimische Pollenquelle *Achillea millefolium*

blüht (Abb. 51). Es ist anzunehmen, dass diese Wildbienenarten nach der Blüte heimischer Taxa wie *Achillea millefolium* auf andere Asteraceen ausweichen. Das nicht heimische Taxon *Achillea filipendulina* blüht zwei Wochen länger als die heimische *Achillea millefolium*. Die Sorten 'Helios' und 'Credo' erweitern die Blühperiode um zwei Wochen.

Im Vergleich der Art und der Sorten von *Achillea filipendulina* mit dem heimischen Taxon lassen sich drei Gruppen gegeneinander abgrenzen (Abb. 51):

1. Sorten mit kürzerer Blühperiode
2. Sorten mit ähnlicher Blühperiode
3. Sorten mit längerer Blühperiode

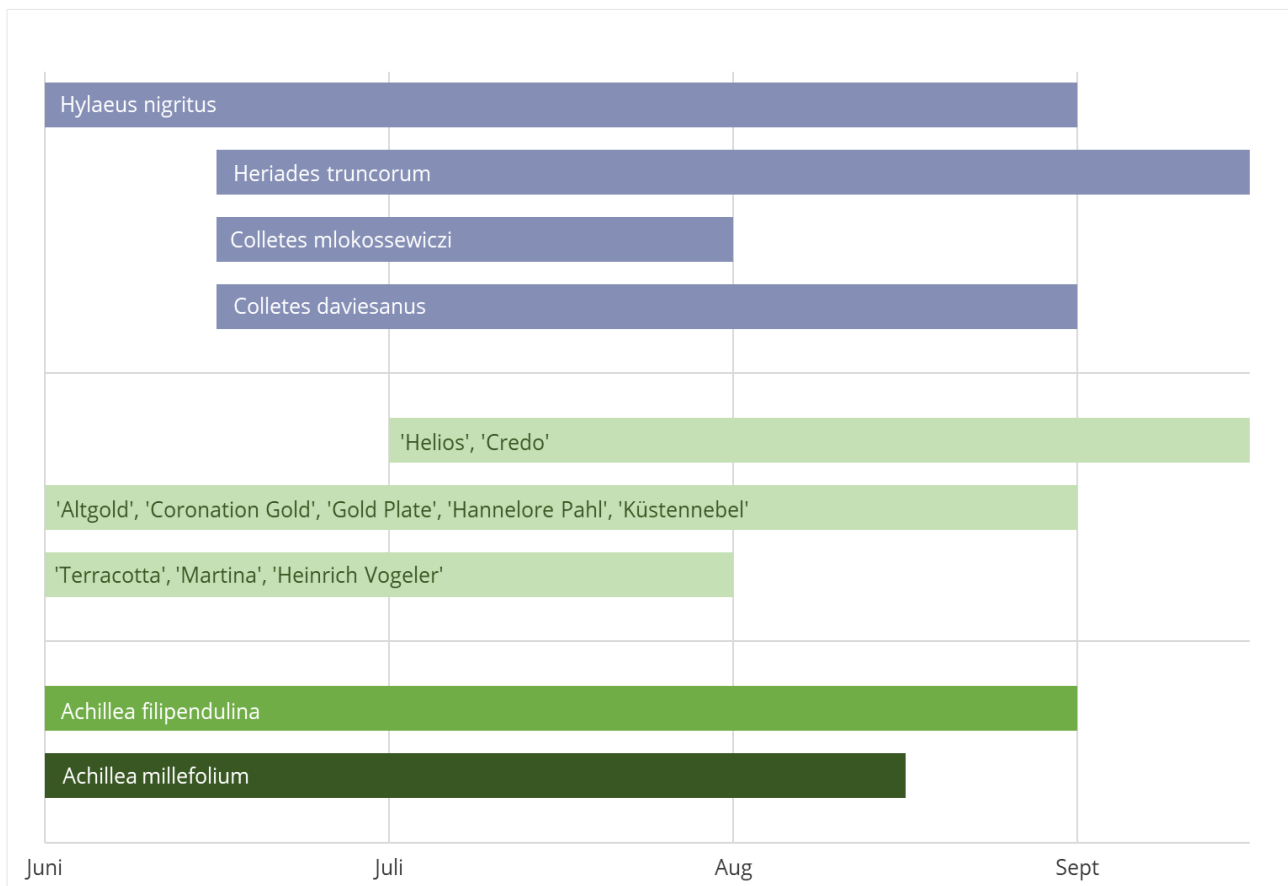


Abb. 51: Blütezeit und Phänologie von *Achillea filipendulina* und ihren Sorten sowie den an ihnen sammelnden oligolektischen Wildbienenarten

4. Diskussion

4.1 Mischpflanzungsparameter

4.1.1 Funktionstypen und Anzahl der Taxa

Funktionstypen

Aufgrund der hohen absoluten Häufigkeiten der Taxa der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstaude, Füllpflanze sowie Zwiebeln & Knollen und deren Vorkommen in den meisten der 42 untersuchten Mischpflanzungen werden diese Funktionstypen als essenziell für Staudenmischpflanzungen bewertet (Abb. 14). Die geringe absolute Häufigkeit des Funktionstyps Streupflanze lässt eine inkonsequente Zuordnung der Taxa zu Funktionstypen der unabhängig voneinander entwickelnden Hochschulen vermuten. Es bleibt zu klären, ob der Funktionstyp Streupflanze inhaltlich dem Funktionstyp Begleitstaude entspricht, denn bei den als Streupflanzen deklarierten Taxa *Carex ornithopoda* 'Variegata', *Anthericum liliago* und *Anthericum ramosum* handelt es sich nicht um Taxa mit auffällig stark abweichenden Eigenschaften. Diese Pflanzenarten können zwar gestreut verwendet werden, entwickeln dadurch aber keine Funktion, die sie von Begleitstauden distanziert. So wurden die 26 in Mischpflanzungen verwendeten Taxa der Gattung *Carex* in den übrigen Mischpflanzungen den Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitstaude und Bodendecker zugeordnet. Der Funktionstyp Füllpflanze zeigte eine geringe absolute Häufigkeit von 43 Taxa und wird bei der Formulierung der Konditionen für das intelligente Planungswerkzeug dem Funktionstyp Begleitstaude zugeschlagen. Taxa dieses Funktionstyps zeichnen sich durch Kurzlebigkeit und die Fähigkeit zur Versamung als klassische Ruderalstrategen aus und erfüllen vor allem in jungen Mischpflanzungen die Aufgabe, entstehende Lücken rasch zu besiedeln. Da offene Bodenstellen für bodennistende Wildbienen von großer Bedeutung sind und sich unter den wichtigen Pollenquellen ohnehin viele Ruderalstrategen befinden, muss die Funktion der Füllpflanze nicht gezielt gewährleistet werden. Annuelle und bienne Taxa werden in den hier zu erarbeitenden Mischpflanzungen als Begleitarten und Bodendecker zugelassen. Einsaaten wurden mit einer geringen absoluten Häufigkeit

von sechs Taxa angegeben und stammten alle aus den Wädenswiler Mischpflanzungen *Sommernachtstraum*, *Pink Paradise* und *Indian Sunset* (Abb. 14). Integrierte Systeme wurden in standardisierten Mischpflanzungskonzepten noch nicht häufig zur Marktreife gebracht. Darüber hinaus beschreibt dieser Funktionstyp die Art der initialen Ausbringung und weniger die übernommene Funktion der Taxa in der Mischpflanzung. Bei diesen gesäten Taxa handelte es sich um Pflanzenarten, die auf dem Markt auch als Topfware angeboten werden und sich im Verlauf der Sukzession der Mischpflanzung über Versamung erhalten können. Der Funktionstyp Einsaaten kann daher als Funktionstyp Füllpflanze verstanden werden. In weiteren Analysen der vorliegenden Arbeit wurden die Funktionstypen Streupflanzen und Einsaaten als für Mischpflanzungen entbehrliche Funktionstypen nicht berücksichtigt.

Anzahl der Taxa

Die breite Streuung der absoluten Häufigkeiten der insgesamt verwendeten Taxa zeigt, dass die Anzahl der Taxa je Mischpflanzung sehr individuell ist (Abb. 12). Die untersuchten Mischpflanzungen enthielten zwischen fünf und 38 Taxa. Die durchschnittliche Anzahl der Taxa, also die Artanzahl unter Berücksichtigung verwendeter Sorten, lag bei ≈ 18 . Der Ausreißer bei der Anzahl der Taxa (Abb. 12, 38 Taxa) ist auf die Erfurter Mischpflanzung *Tanz der Gräser* zurückzuführen. Diese Mischpflanzung mit prärieartigem Charakter enthält überdurchschnittlich viele Gerüstbildner, die sich auf 50 % Stauden und 50 % Gräser verteilen. Die hohe Anzahl an Taxa ist darauf zurückzuführen, dass diese Mischpflanzung für größere Flächen konzipiert wurde. Eine weitere hohe Anzahl an insgesamt verwendeten Taxa (Abb. 12, 37 Taxa) wies die Erfurter Mischpflanzung *Thüringer Blütenaum* auf, in der die Taxa auf Artniveau in diversen Sorten verwendet wurden. So finden sich hier bspw. jeweils drei Sorten von *Tulipa greigii* und *Tulipa kaufmanniana*. Hinzu kommt,

dass die Sorten 'Blue Shades' und 'White Splendour' des Taxon *Anemone blanda* versehentlich sowohl dem Funktionstyp Zwiebel & Knolle als auch dem Funktionstyp Bodendecker zugeordnet wurden und damit doppelt in die Analyse eingingen.

Von diesen Ausreißern abgesehen erklären sich die Unterschiede in der Anzahl insgesamt verwendeter Taxa (Abb. 12) vor allem durch eine schwankende Anzahl der Taxa in den Funktionstypen Begleitstauden, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen, während die Anzahl der Taxa in den Funktionstypen Gerüstbildner und Füllpflanze annähernd konstant war (Abb. 17). Die Anzahl des Funktionstyps Füllpflanze schwankte über alle Lebensbereichskategorien mit ein bis drei Taxa nur gering (Abb. 17) und kann dem Funktionstyp Begleitstaude entsprechend der absoluten Häufigkeit (Abb. 16) mit einem zusätzlichen Taxon zugeschlagen werden. Die Anzahl und Verteilung der Funktionstypen muss nach den Lebensbereichen (Abb. 54) differenziert betrachtet werden.

Die Anzahl der Taxa kann für das intelligente Planungswerkzeug für den Funktionstyp Gerüstbildner unabhängig vom Lebensbereich festgelegt werden. Die absolute Häufigkeit der gerüstbildenden Taxa war über alle Lebensbereichskategorien annähernd gleich und umfasste drei Taxa (Abb. 17). 50 % der untersuchten Mischpflanzungen enthielten zwischen zwei und vier Gerüstbildner (Abb. 18). Die mit sieben vergleichsweise hohe Anzahl gerüstbildender Taxa ist auf die Mischpflanzung *Silbersommer* zurückzuführen, die als prärie-artige Mischpflanzung nicht zuletzt aufgrund ihrer hohen Winterattraktivität 2006 den Innovationspreis Gartenbau erhielt (BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER 2011). Dieser Aspekt wird durch gerüstbildende Wintersteher gesichert, die auch nach der Blüte Struktur und Wirkung der Mischpflanzung gewährleisten. Die Anzahl der Gerüstbildner wird für das intelligente Planungswerkzeug auf 2 bis 4 Taxa festgelegt und ändert sich nicht durch die Flächengröße.

Anzahl der Taxa nach Lebensbereichskategorie

In den Lebensbereichskategorien 1 und 3 betrug die durchschnittliche absolute Häufigkeit der insgesamt verwendeten Taxa 23 bzw. 25 Taxa, während in den Lebensbereichskategorien 2, 4 und 5 im Mittel nur 14 bis 15 Taxa verwendet wurden (Abb. 17).

Diese in Mischpflanzungen schwankenden Anzahlen der insgesamt verwendeten Taxa und die schwankende Anzahl der Taxa der Funktionstypen Begleitstauden und Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen (Abb. 12, Abb. 19, Abb. 20 und Abb. 21) wird durch den Standort modelliert und hängt zusätzlich mit der Flächengröße und individuellen gestalterischen Schwerpunkten der entwickelnden Hochschulen zusammen.

Die Lebensbereichskategorie 1 weist eine hohe absolute Häufigkeit der Taxa auf (Abb. 17) und kann aufgrund der sehr geringen Bodenfeuchte bei hoher Strahlungsintensität und geringer Nährstoffverfügbarkeit als sehr stressbetont beschrieben werden.

Die Annäherung der absoluten Häufigkeiten der Taxa innerhalb der Lebensbereichskategorien 4 und 5 (Abb. 17) lässt sich auf den ähnlichen Standortcharakter (trocken und schattig) zurückführen, der insgesamt als stressbetont beschrieben werden kann.

Der hohen Artenvielfalt natürlicher stressbetonter Vegetationsgesellschaften wie Kalkmagerrasen und Felsbänder entsprechend weisen Mischpflanzungen der sehr stressbetonten Lebensbereiche Steppenheide und trockene Freifläche höhere Anzahlen der Taxa in den Funktionstypen Begleitstauden und Bodendecker auf, als in den Lebensbereichen Gehölz und Gehölzrand, deren natürliche Vegetationsbilder bspw. der heimischen Buchenwaldgesellschaften jahreszeitlich durch wenige Taxa wie *Allium ursinum*, *Anemone nemorosa* oder *Galium odoratum* in größeren Gruppen mit vielen Individuen geprägt sind (Abb. 52).

Die Lebensbereichskategorie 3 kann als frische bis feuchte Freifläche und als konkurrenzbetont beschrieben werden. Die Mischpflanzung *Indian Sunset* wurde entsprechend HEINRICH & MESSER (2012: 44) frischen bis feuchten Standorten und damit Lebensbereichskategorie 3 zugewiesen, in der Pflanzendatenbank jedoch für trockene Standorte ausgewiesen, was die Belastbarkeit der geringen Stichprobengröße von $n=2$ zusätzlich verringert. Die hohe Anzahl der hier



Abb. 52: Ith-Kamm im April 2024: weithin blüht *Anemone nemorosa* im *Galio odorati*-Fagetum des FFH-Gebiets 114. Auch in artenreichen Waldgesellschaften prägen wenige Taxa in großer Individuenzahl jahreszeitliche Aspekte.

insgesamt verwendeten Taxa und der Funktionstypen (Abb. 17) erklärt sich weniger aus der standortbedingten natürlichen Phytodiversität vergleichbarer natürlicher Pflanzengesellschaften, die auf feuchten nährstoffreichen Böden eher artenarmem Grasland oder Hochstaudenfluren entsprechen würden, sondern vielmehr aus der Eignung dieser Mischpflanzung für größere Flächen und den prärieartigen Charakter, der ein besonders artenreiches Grasland nordamerikanischer Prärien interpretiert. Der Artenreichtum solcher Graslandgesellschaften wird in der Natur durch Störung (periodische Feuer und Beweidung) ermöglicht und wurde hier vom Pflanzenverwender als Gestaltungselement bewusst gewählt. Die Taxa dieser Mischpflanzung wurden in ihrer Konkurrenzstärke aufeinander abgestimmt, um zu verhindern, dass im Verlauf der Sukzession wenige konkurrenzstarke Taxa die Mischpflanzung dominieren. Da sich der Lebensbereichskategorie 3 nur zwei Mischpflanzungen zuordnen lassen, ist hier keine tiefere Interpretation möglich.

Der Lebensbereich mäßig trockene bis frische Freifläche aus Lebensbereichskategorie 2 nimmt eine Sonderstellung ein, da die niedrigen absoluten Häufigkeiten der Taxa auf die Eignung dieser Mischpflanzungen für kleine Flächen und die relative Artenarmut der Bernburger Perennemix Mischpflanzungen *Blütenflamme*, *Blütenwinter* und *Blütenwucht* zurückzuführen ist. Insgesamt lag hier eine breite Streuung der absoluten Häufigkeiten ($n=7$) vor und andere Mischpflanzungen wiesen eine ähnlich höhere Anzahl der Taxa wie Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 1 und 3 auf (Abb. 13). Die Mischpflanzungen mit der niedrigsten Anzahl der insgesamt verwendeten Taxa ist der Bernburger Perennemix *Blütenwucht*, der von den Autoren selbst als artenarm beschrieben wird (BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER 2024). Diese artenarmen Mischpflanzungen wurden vergleichsweise früh entwickelt und es ist anzunehmen, dass im Verlauf der Entwicklung von Mischpflanzungen durch die Arbeitskreise die Anzahl der Taxa der entwickelten Mischpflanzungen zunahm. Da für Zielarten-Mischpflanzungen insgesamt eine hohe

Phytodiversität angestrebt und die Eingrenzung der Anzahl der Taxa im Lebensbereich Freifläche vorwiegend durch die Flächengröße modelliert werden soll, können die niedrigen Häufigkeiten der insgesamt verwendeten Taxa in diesem Fall vernachlässigt werden. Die Lebensbereiche der Freiflächen werden daher für die Ermittlung der Anzahl der Taxa der Funktionstypen Begleitstauden, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen im intelligenten Planungswerkzeug wie Lebensbereichskategorie 1 behandelt. So werden für die Lebensbereichskategorien 1 bis 3 höhere Anzahlen der Taxa der Funktionstypen Begleitstauden, Bodendecker und Zwiebeln & Knollen festgelegt als für Lebensbereichskategorien 4 und 5. Diese Festlegung orientiert sich an den absoluten Häufigkeiten der Taxa der analysierten Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 1 (Abb. 17) und der Verteilung der absoluten Häufigkeiten der einzelnen Funktionstypen (Abb. 18 bis 21). Tendenziell ist zu erwarten, dass auf nährstoffreichen Böden im Optimum im Verlauf der Sukzession einer Mischpflanzung zunehmend Taxa der Initialpflanzung durch andere Taxa auskonkurriert werden als auf stressbetonten Standorten.

Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorien 1 bis 3 werden hauptsächlich für verschiedenste Situationen im urbanen Straßenbegleitgrün, aber auch für rabattenartige Freiflächen und Parks empfohlen. Je nach Mischpflanzung werden hier Flächengrößen von 5 bis 20 m² oder aber auch Mindestgrößen von 50 bis 75 m² empfohlen. Mischpflanzungen der Lebensbereichskategorie 4 und 5 sonniger bis absonniger Gehölzränder und unter eingewachsenen Gehölzen mit trockenem bis frischem Boden werden oft für kleinere Flächen wie Baumscheiben oder als Unterpflanzung für Sträucher im Gebäudeschatten empfohlen. Lediglich der Bernburger Perennemix *Blütenserenade* wird für Flächen ab 50 m² empfohlen (BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER 2024). Kleinflächige Pflanzungen wie Baumscheiben beinhalten weniger Begleitstauden, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen, während großflächige Pflanzungen durchaus mehr Begleitstauden, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen vertragen, ohne, dass ein stimmiges rhythmisches Gesamtbild verloren geht (Abb. 53).

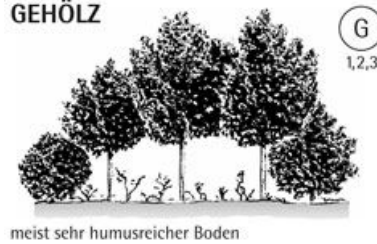
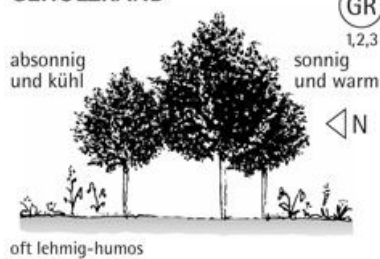
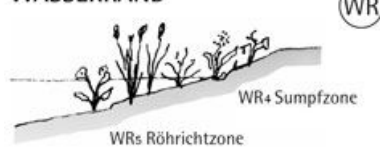
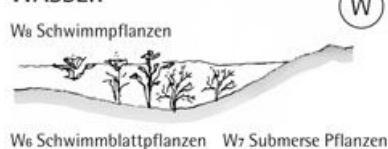
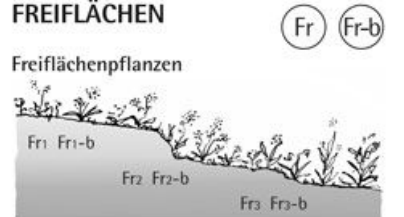
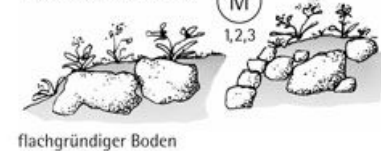
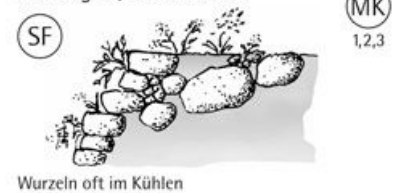


Abb. 53: Sichtungsmodule trockener Schatten im Botanischen Garten Höxter im Juli 2022: In der blütenärmsten Jahreszeit bilden nur fünf Pflanzenarten im Mischpflanzungsmodul *Natürlich und Robust* seit 2010 mit dem Gerüstbildner *Helleborus foetidus* und dem Bodendecker *Luzula sylvatica* 'Farnfreund' eine harmonische und zuverlässige Unterpflanzung der Linden.

LEBENSBEREICHE

nach Prof. Dr. Sieber

1 = trockener Boden 2 = frischer Boden 3 = feuchter Boden
 so = sonnig abs = absonnig hs = Halbschatten sch = Schatten

GEHÖLZ**GEHÖLZRAND****WASSERRAND****WASSER****FREIFLÄCHEN****Freiflächenpflanzen mit Steppenheidecharakter****Freiflächenpflanzen mit Heidecharakter****BEET****STEINANLAGEN****Matten (Felsmatten)****Steinfugen / Mauerkronen****ALPINUM**

© gruppe 2 überarbeitet: Gaissmayer

Abb. 54: Im Konzept der Lebensbereiche werden den Lebensbereichen Stauden zugeordnet, deren natürliche Lebensansprüche denen der definierten gärtnerisch beeinflussten Gestalt- und Raumelemente entsprechen. Quelle: GAISSMAYER (2024b)

Generell wurde bei der Mehrfachverwendung von Arten vor allem die Sortenvielfalt ausgeschöpft, die Menge der Individuen pro Flächeneinheit ändert sich nicht. Eine größere Fläche bedingt und ermöglicht auch eine größere Anzahl an Taxa innerhalb der Funktionstypen. Die Anzahl der Taxa der Funktionstypen Begleitarten, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen wird für das intelligente Planungswerkzeug also nicht ausschließlich entsprechend der Lebensbereiche, sondern auch entsprechend der Flächengröße über die Anzahl insgesamt verwendeter Taxa festgelegt. Diese Festlegung orientiert sich an den absoluten Häufigkeiten der Lebensbereichskategorie 1, 3 und 4 für die Anzahl der insgesamt verwendeten Taxa (Abb. 13). Der Lebensbereich Beet (B₁₋₃) wird wie die Lebensbereiche Steppenheide (SH) und Freifläche (Fr) behandelt, da hier eine artenreiche Pflanzung mit dichter Vegetation auf

konkurrenzbetonten Standorten und lückiger, aber artenreicher Vegetation auf stressbetonten Standorten realistisch ist, auch wenn hier durch Konkurrenz die Artenvielfalt während der fortschreitenden Sukzession bei extensiver Pflege abnehmen dürfte. Die Lebensbereiche Alpinum (A₁₋₃) und Steinanlage (St₁₋₃) werden wie die Lebensbereiche Gehölz (G₁₋₃) und Gehölzrand (GR₁₋₃) behandelt, da aufgrund des hohen Wurzeldrucks, konkurrenzstarker Sträucher oder raumeinnehmender Elemente wie Stammfuß oder Steine die real bepflanzbare Fläche abnimmt und Pflanzungen dieses Lebensbereichs im urbanen Grün eher von geringer Flächengröße sind. Taxa der Lebensbereiche Alpinum (A₁₋₃) oder Steinanlage (St₁₋₃) zeichnen sich häufig durch langsames Wachstum und eine geringe Biomasse bei langer Lebensdauer aus.

Festlegung der Anzahl der Taxa

Die Anzahl der Gerüstbildner wird für das intelligente Planungswerkzeug unabhängig vom Lebensbereich auf 2 bis 4 Taxa festgelegt und ändert sich durch die Flächengröße nicht (Abb. 17 und Abb. 18). Durch die geringe Verfügbarkeit der Taxa in den verschiedenen Bodenfeuchtestufen der Sonderstandorte Steppenheide (SH) und Alpinum (A) wird auf eine Differenzierung dieser Lebensbereiche nach Bodenfeuchtestufen verzichtet (Abb. 31 und Abb. 32).

Für die Lebensbereiche Steppenheide (SH), Freifläche (Fr₁₋₃) und Beet (B₁₋₃) wird entsprechend der absoluten Häufigkeiten der Taxa der Lebensbereichskategorien 1 (Abb. 13) eine insgesamt höhere Anzahl der Taxa und eine höhere Anzahl der Taxa der Funktionstypen Begleitarten, Bodendecker sowie Zwiebeln & Knollen festgelegt als für die Lebensbereiche Gehölz (G₁₋₃), Gehölzrand (GR₁₋₃), Alpinum (A₁₋₃) und Steinanlagen (St₁₋₃).

Der Orientierungswert für die Ermittlung der insgesamt verwendeten Taxa für die Lebensbereiche Steppenheide (SH), Freifläche (Fr₁₋₃) und Beet (B₁₋₃) beträgt 23 Taxa für eine mittlere Flächengröße von 10 bis 20 m². Der Orientierungswert für die Ermittlung der insgesamt verwendeten Taxa für die Lebensbereiche Gehölz (G₁₋₃), Gehölzrand (GR₁₋₃), Alpinum (A₁₋₃) und Steinanlagen (St₁₋₃) beträgt 14 Taxa für eine mittlere Flächengröße von 10 bis 20 m².

50 % der Mischpflanzungen enthielten zwischen vier und sieben Begleitstauden. Der Ausreißer mit 15 Taxa ist auf die Erfurter Mischpflanzung *Tanz der Gräser* zurückzuführen und kann nicht durch Sortendiversität, sondern vielmehr mit der Entwicklung der Mischpflanzung für größere Flächen erklärt werden. Die artenarme Mischpflanzung *Blütenwucht* enthält mit *Aster ageratoides* 'Asran' lediglich eine Begleitstaude. Die Orientierungswerte für die Ermittlung der Anzahl der Begleitstauden für das intelligente Planungswerkzeug liegen bei fünf bis sieben Taxa und steigen durch den zugeschlagenen Funktionstyp Füllpflanze um ein Taxon. Folglich werden für das intelligente Planungswerkzeug acht Taxa für die Lebensbereiche SH, Fr₁₋₃, B₁₋₃ und sechs Taxa für die Lebensbereiche G₁₋₃, GR₁₋₃, A₁₋₃, St₁₋₃ als Orientierungswert festgelegt.

Die Verteilung der Anzahl des Funktionstyps Bodendecker ähnelt zwar der des Funktionstyps Gerüstbildner (Abb. 18 und 20) ist jedoch auch von der Lebensbereichskategorie abhängig (Abb. 17). Folglich werden für das intelligente Planungswerkzeug fünf Taxa für die Lebensbereiche SH, Fr₁₋₃, B₁₋₃ und drei Taxa für die Lebensbereiche G₁₋₃, GR₁₋₃, A₁₋₃, St₁₋₃ als Orientierungswert festgelegt.

Die Verteilung der Anzahl des Funktionstyps Zwiebeln & Knollen ähnelt zwar der des Funktionstyps Gerüstbildner (Abb. 21 und Abb. 18), ist jedoch auch von der Lebensbereichskategorie abhängig (Abb. 17). Folglich werden für das intelligente Planungswerkzeug fünf Taxa für die Lebensbereiche SH, Fr₁₋₃, B₁₋₃ und drei Taxa für die Lebensbereiche G₁₋₃, GR₁₋₃, A₁₋₃, St₁₋₃ als Orientierungswert festgelegt. Diese Werte liegen leicht über den Mittelwerten der absoluten Häufigkeiten (Abb. 17 und Abb. 18), da die beiden Mischpflanzungen *Natürlich & Robust* sowie *Winterharmonie* ohne Taxa dieses Funktionstyps in die Analysen eingegangen sind und den Layer der Frühjahrsgeophyten damit nicht repräsentativ und realistisch abbilden.

Neben der Verwendung von Arten wurden in einigen, aber nicht in allen Mischpflanzungen bei allen Funktionstypen auch deren Sorten oder generell Sorten verwendet (Abb. 14 und Abb. 16). Sorten des Funktionstyps Gerüstbildner erfüllen dieselbe Ausprägung der gerüstbildenden Funktion wie ihre Arten, liefern aber gestalterisch wertvolle Aspekte, wie gestaffelte Blütezeit oder Farbvarianten in Blüte oder Herbstfärbung. So lassen sich fein abgestimmte Pflanzbilder schaffen, ohne optische Unruhe durch zu viele habituell verschiedene gerüstbildende Taxa zu erzeugen. Beliebte Taxa unter den Gerüstbildnern waren Gräser wie *Carex pendula*, *Festuca mairei* und Sorten der horstbildenden Gräser *Panicum virgatum* und *Calamagrostis x acutiflora*, was den Wert der gerüstbildenden Funktion von Gräsern in Mischpflanzungen unterstreicht. Werden Sorten bei der Konfiguration einer Zielarten-Mischpflanzung zugelassen, wird innerhalb der Funktionstypen eine höhere Anzahl der Taxa zugelassen und die Anzahl der Sorten begrenzt. Als Sorten werden dann solche Taxa zugelassen, die den Pollensammelzeitraum der Zielarten entsprechend ihrer artspezifischen Flugzeit erweitern (Abb. 46, Abb. 49 u. Abb. 51).

4.1.2 Identifikation der Funktionstypen

Gerüstbildner

Das intelligente Planungswerkzeug kann die gerüstbildende Funktion durch die Geselligkeitsstufen und die Lebensform zuordnen, die den Taxa in der Pflanzendatenbank zugeordnet sind. Häufige Gerüstbildner sind plurienn Taxa mit Geselligkeitsstufen I und II, darunter vor allem Stauden und Gräser (Abb. 24 und Abb. 25). Da Gräser als klassische Windbestäuber keinen Pollen für Wildbienen, aber herausragende gerüstbildende Qualitäten bieten, werden diese in Zielarten-Mischpflanzungen stark begrenzt mit einem Taxon zugelassen. Zusätzlich soll sich dieser Funktionstyp durch eine Höhendifferenz zu den Begleitarten der Zielarten-Mischpflanzung absetzen.

Begleitstauden

Das intelligente Planungswerkzeug kann die Begleitstauden durch die Geselligkeitsstufen und die Lebensform zuordnen. Begleitstauden sind vor allem Stauden der Geselligkeitsstufe II und I (Abb. 26 und Abb. 27). Dieser Funktionstyp setzt sich zusätzlich durch eine Höhendifferenz von den Gerüstbildnern der gleichen Geselligkeitsstufe und dem Wuchsverhalten ab.

Zwiebeln & Knollen

Das intelligente Planungswerkzeug kann den Funktionstyp Zwiebeln & Knollen über die gleichnamige Pflanzengruppe in der Pflanzendatenbank zuordnen.

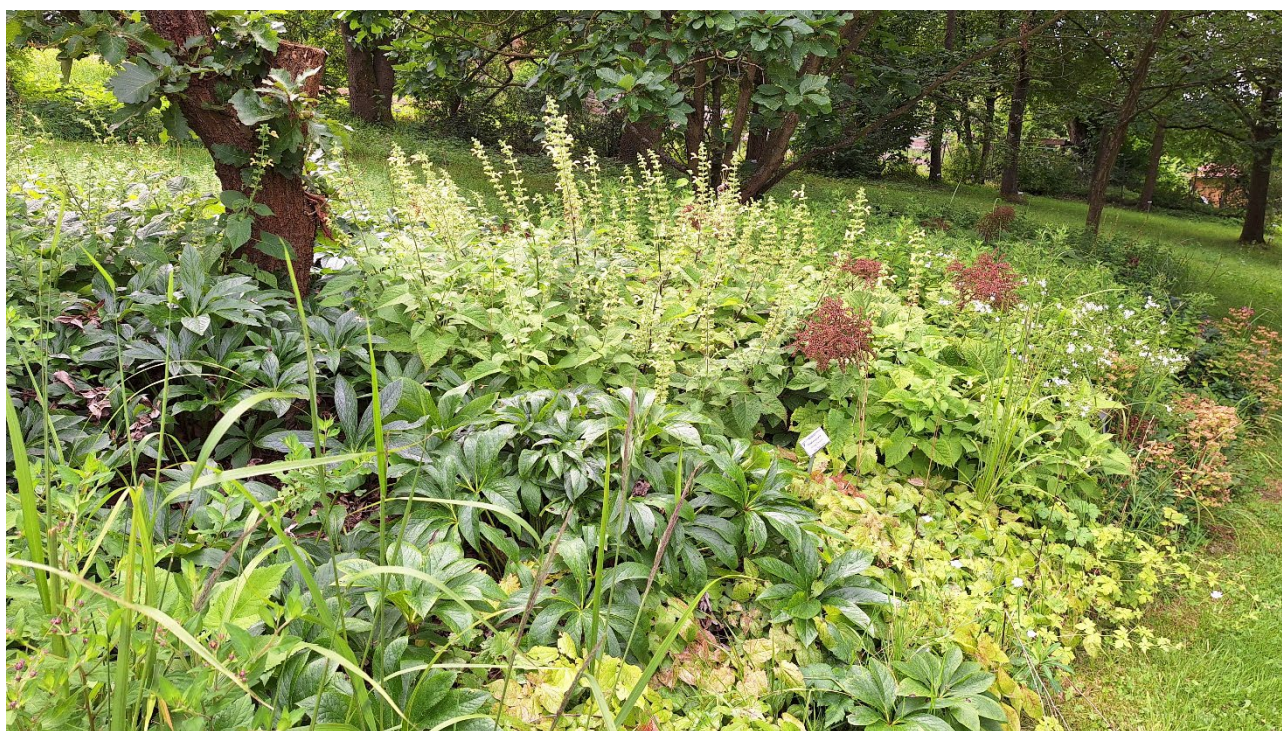


Abb. 55: *Schattenzauber* im August 2024: Die roten Samenstände der gerüstbildenden *Rodgersia* werden von den Blütenständen von *Salvia glutinosa* überragt, die sich unter den Begleitstauden etabliert hat. Von den ursprünglichen Begleitstauden hat sich neben den ausbreitungsstarken Spätblüher *Kalimeris incisa* 'Blue Star' und *Aster divaricatus* 'Tradescant' vor allem *Helleborus x hybridus* 'Sandra' bewährt. Alle Begleitstauden gehören zu Geselligkeitsstufe I-II. *Helleborus x hybridus* 'Sandra' hätte ebenso gut als Gerüstbildner gelistet werden können. Das intelligente Planungswerkzeug unterscheidet diese Funktion nach Höhe.

Bodendecker

Das intelligente Planungswerkzeug kann die bodendeckende Funktion durch die Geselligkeitsstufen und die Lebensform zuordnen. Unter den bodendeckenden Arten finden sich vor allem Stauden mit den Geselligkeitsstufen II, III, I und IV (Abb. 28 und Abb. 29). In allen Mischpflanzungen wurden mit *Stachys byzantina*, *Stachys byzantina* 'Silver Carpet' und *Waldsteinia ternata* nur drei Bodendecker der Geselligkeitsstufe V verwendet. Stauden der Geselligkeitsstufe V zeichnen sich durch einen starken Ausbreitungsdrang über Ausläufer oder kriechende Rhizome aus. *Stachys byzantina* bildet in der basenreichen Freifläche zwar bereitwillig große Bestände, überzeugt in der Laubqualität im Jahresverlauf jedoch kaum und sollte daher nicht flächig oder in großen Kolonien verwendet werden. *Waldsteinia ternata* hingegen bildet im trockenen bis frischen Gehölzrand und Gehölz-

bereich einen zuverlässig gesunden und dauerhaften Blattteppich, der sich durch seine geringe Höhe und ein dunkles glänzendes Blatt ausgesprochen gut als Matrix für höhere Stauden und Gehölze eignet (Abb. 56). Tatsächlich ist in der Pflanzendatenbank kein Taxon nur mit Geselligkeitsstufe V angegeben. Die Taxa weisen zumindest zusätzlich Geselligkeitsstufe IV, meist auch Geselligkeitsstufe III auf. In Zielarten-Mischpflanzungen werden für Bodendecker Geselligkeitsstufen II und III als Identifikationskriterium festgelegt, da bspw. die Taxa *Stachys byzantina* und *Waldsteinia ternata* auch zu Geselligkeitsstufe III gehören und somit vom intelligenten Planungswerkzeug als Bodendecker identifiziert werden können. Bodendecker zeichnen sich zusätzlich durch eine geringere Höhe von Taxa der übrigen Funktionstypen ab.



Abb. 56: Eine gut strukturierte Pflanzung im Botanischen Garten Höxter: Die Ausläufer von *Waldsteinia ternata* hängen an der Trockensteinmauer herab. Einhalt wird diesem wuchsstarken Bodendecker vor allem durch konkurrenzstarke und höher Stauden wie *Geranium macrorrhizum* geboten. Auch im Hochsommer umspielt die beliebte nicht-heimische *Waldsteinia ternata* den freigestellten *Viburnum betulifolium* mit dichtem glänzendem Blattwerk.

4.1.3 Verfügbarkeit der Taxa in der Pflanzendatenbank

Von 15.327 Taxa, die in der Pflanzendatenbank gelistet sind, stehen dem intelligenten Planungswerkzeug nach sukzessiver Filterung wichtiger Parameter noch 8.415 Taxa zur Verfügung und bilden den Artenpool für die Konfiguration von Zielarten-Mischpflanzungen (Abb. 30). Durch die Eingrenzung auf die häufig im urbanen Raum anzutreffenden Lebensbereiche Steppenheide (SH), Freifläche (Fr), Beet (B), Gehölzrand (GR), Gehölz (G), Alpinum (A) und Steinanlagen (St) werden keine Taxa berücksichtigt, die ausschließlich den Lebensbereichen Felssteppen (FS), Heide (H), Matten (M), oder den gewässerassoziierten Lebensbereichen (WR₁₋₅, W₆₋₈) angehören. Die Verteilung der 8.415 noch verfügbaren Taxa der Pflanzendatenbank nach Lebensbereichen (Abb. 31) zeigt, dass für die Lebensbereiche, Freifläche (Fr), Beet (B), Gehölzrand (GR), Gehölz (G), Steinanlagen (St) unabhängig von der Bodenfeuchte und für das trockene und frische Alpinum (A₁₋₂) mindestens 200 Taxa zur Verfügung stehen. Für das feuchte Alpinum (A₃) stehen lediglich 93 Taxa und für die feuchte Steppenheide (SH₃) steht lediglich ein Taxon zur Verfügung, da sich diese Taxa in den gewässerassoziierten Lebensbereichen finden. Der Lebensbereich feuchte Steppenheide (SH₃) ist äußerst selten und auch im urbanen Raum kaum anzutreffen, sofern er nicht bewusst hergestellt wird, und kann daher vernachlässigt werden. Für trockene und frische Steppenheiden (SH₁₋₂) bietet die Pflanzendatenbank lediglich insgesamt 151 Taxa, was die Erfüllung der Konditionen des intelligenten Planungswerkzeugs bezüglich Pollenquellen und Akzeptanzbildner sowie Voreinstellungsmöglichkeiten zur Herkunft stark einschränkt oder sogar unmöglich macht (Abb. 31). Die Lebensbereiche der trockenen und frischen Steppenheiden (SH₁₋₂) werden im Vergleich zu anderen trockenen bis frischen Freiflächen (Fr₁₋₂) recht selten im urbanen Raum angetroffen, da sie sich lediglich durch den hohen pH-Wert ihrer basenreichen Böden unterscheiden. (HANSEN & STAHL 2016: 282). Im intelligenten Planungswerkzeug wird daher für die Lebensbereiche Steppenheide (SH) und Alpinum (A) nicht nach Bodenfeuchte differenziert. Eine Mehrfachauswahl der Lebensbereiche bzw. Bodenfeuchtestufen vergrößert den Artenpool. Durch die Anwendung

der für das intelligente Planungswerkzeug formulierten Konditionen zur Identifikation der Funktionstypen Gerüstbildner, Begleitarten und Bodendecker auf die 8.415 verfügbaren Taxa der Pflanzendatenbank wurde festgestellt, dass für die Lebensbereiche Steppenheide (SH) und Alpinum (A) unter 100 Taxa des Funktionstyps Gerüstbildner zur Verfügung stehen (Abb. 32). Für den Lebensbereich Alpinum (A) ist eine Mindesthöhe von 0,4 m für Gerüstbildner unrealistisch, da hier vor allem niedrige matten- und polsterbildende Stauden wie *Androsace* und *Saxifraga* Verwendung finden. Auf eine Differenzierung nach Funktionstypen wird in diesem Lebensbereich verzichtet. Zusätzlich stehen für den Lebensbereich Steppenheide (SH) unter 100 Taxa des Funktionstyps Bodendecker zur Verfügung. Für den Lebensbereich Steppenheide (SH) müssen die Konditionen für die Funktionstypen differenziert formuliert werden, sofern bei der Evaluation des Prototyps des intelligenten Planungswerkzeugs keine befriedigenden Zielarten-Mischpflanzungen für diese Lebensbereiche ausgegeben werden. Der Lebensbereich Steppenheide (SH) zeigt Parallelen zu Standortfaktoren der extensiven Dachbegrünung. Die Standorte unterscheiden sich vor allem durch die Bodentiefe bzw. Substratstärke, die im Dachgarten kein pflanzenverfügbares Bodenwasser aus tieferen Bodenschichten bietet.

Dem Lebensbereich Steppenheide (SH) werden als Teillebensbereich der Freifläche (Fr) vom intelligenten Planungswerkzeug auch jene Taxa zugeordnet, denen die Lebensbereiche trockene Freifläche (Fr₁) und Steinanlage (St₁) in Kombination mit einem pH-Wert über 7,5 zugeordnet sind. So werden auch Taxa in den Artenpool aufgenommen, die in der Steppenheide gedeihen, aber aufgrund mangelnder Daten in der Pflanzendatenbank über die alleinige Auswahl der Lebensbereiche nicht erfasst werden können. Die Abfrage des pH-Werts durch den Anwender kann in einer vereinfachten Einteilung in sauer bis neutral (pH 4 bis 7) und neutral bis basisch (pH 7 bis 10) den pH-Wert als besonderen Standortfaktor der Steppenheide ausreichend abbilden.

Einführung neuer Lebensbereiche

Als Konsequenz aus den Ergebnissen der Analysen, und um den sich verändernden Ansprüchen an urbane Begrünung gerecht zu werden, wird das Konzept der Lebensbereiche (Abb. 54) weiterentwickelt.

Lebensbereich Schwammstadt (S)

Um dem innovativen Konzept der Schwammstadt gerecht zu werden, wird eine weiterer urbaner Lebensbereich Schwammstadt (S) angeboten, der die besondere Standortfaktorkombination dieses urbanen Sonderstandorts abbildet (vgl. Kapitel 5.3.3). Bedingt durch Versickerung und Retention von Niederschlägen mit periodischer Austrocknung sind Sonderstandorte mit Eintrag von Streusalz und Schadstoffen zu erwarten. Für diesen steigenden Bedarf zielgerichteter Flächenplanung nach dem innovativen Schwammstadtprinzip sieht das Umweltbundesamt Forschungsbedarf und betont die Förderbereitschaft der Bundesregierung (MEILINGER et. al 2024: 29).

Bis weitere Forschungsergebnisse vorliegen, werden dem Lebensbereich Schwammstadt (S) im Konzept aufgrund der ausgeprägten Wechselfeuchte und periodischer Trockenheit niedrigere Gesamtartenzahlen zugewiesen, da nicht nur der zugrundeliegende Artenpool gering ausfallen dürfte, sondern auch natürlich geprägte wechselfeuchte Lebensräume wie Auen aus Pflanzengesellschaften mit wenigen Pflanzenarten mit hoher Individuenanzahl bestehen können. Der Pflanzabstand muss hier differenziert betrachtet werden, da die Bepflanzung hier auch technische Funktionen



Abb. 57: Artenvielfalt auf kleinstem Raum: Hinter *Origanum vulgare* gedeihen auf diesem Dachgarten mit geringer Substratauflage verschiedene Sorten der Gattung *Sempervivum*.

wie die Erdreichbefestigung im Böschungsbereich übernimmt, die neben bodendeckenden Eigenschaften auch durch eine höhere Anzahl an Pflanzen pro Flächeneinheit erreicht werden kann (vgl. Kapitel 5.2.2).

Lebensbereich Dachgarten (D)

Dem Anwender wird für den Sonderfall Dachbegrünung ein Lebensbereich Dachgarten (D) angeboten (vgl. Kapitel 5.3.3). Dem Lebensbereich Dachgarten (D) werden hohe Gesamtartenzahlen bei einer hohen Pflanzdichte zugewiesen, da es sich vielfach um schwachwüchsige Pflanzenarten mit geringem Biomassezuwachs handelt (Abb. 57 und Abb. 58), die wenig Fläche einnehmen und aufgrund des ausgesprochenen Stress-Standorts auch in der Natur wertvolle und dabei artenreiche Pflanzengesellschaften bilden.

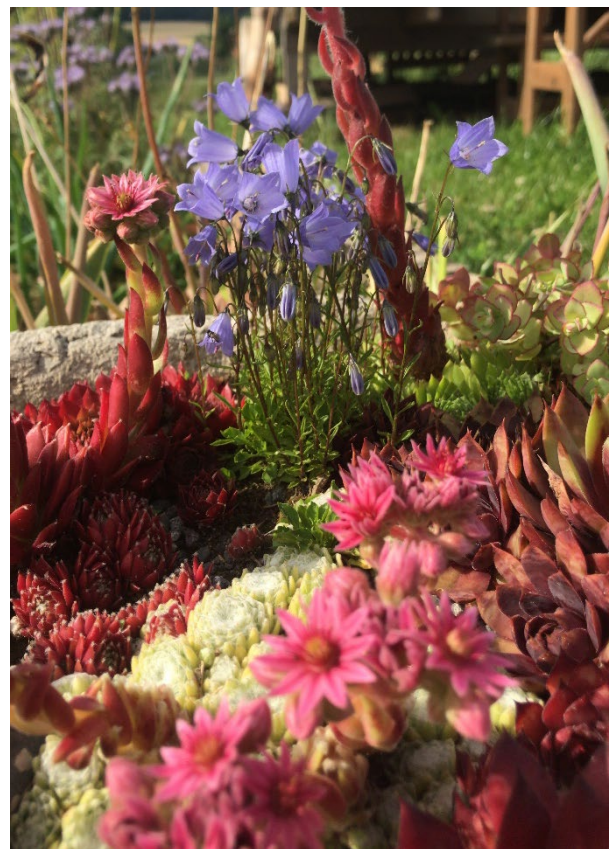


Abb. 58: Zwischen blühendem *Sempervivum* gedeiht die winzige *Campanula cochleariifolia*, die in den Alpen auf Kalkschotter wächst. Diese Pflanze benötigt nur wenige Zentimeter Raum und konkurrenzschwache Nachbarn.

4.2 Wildbienen

4.2.1 Ernährungsweise & Phänologie

Nach WESTRICH (2019) ernähren sich 139 der 567 in Deutschland verbreiteten Wildbienenarten oligolektisch und werden nach der Roten Liste aus SCHEUCHL et al. (2023) im Verhältnis zur Gesamtartenzahl als häufiger vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet und häufiger auf der Vorwarnliste geführt als polylektische Wildbienenarten (Abb. 34). Oligolektische und streng oligolektische Wildbienenarten werden daher als potenziell vulnerable Gruppe betrachtet. Neben der Verfügbarkeit artspezifischer Requisiten wie Nistraum und Nistmaterial (WESTRICH 2019: 13) wird diese erhöhte Gefährdung auf die enge Bindung an bestimmte Pollenquellen zurückgeführt. Oligolektische Wildbienenarten sollten folglich bei Artenschutzmaßnahmen priorisiert werden können, da angenommen werden kann, dass auch polylektische Wildbienenarten von Pollenquellen oligolektischer Wildbienenarten profitieren (Abb. 59 u. Abb. 60). Die hohen absoluten Häufigkeiten der Gefährdungsstufen vom Aussterben bedrohter, stark gefährdeter, gefähr-

deter und auf der Vorwarnliste geführter oligolektischer und polylektischer Wildbienenarten (Abb. 33) rechtfertigen sowohl die gezielte Förderung aller Wildbienenarten als einzelne Zielarten als auch eine gezielte Förderung nach Rote-Liste-Status oder einer gezielten Förderung oligolektischer Wildbienenarten. Bei der Förderung oligolektischer Zielarten müssen die spezifischen Flugzeiträume der Wildbienenarten berücksichtigt werden. Oligolektische Wildbienenarten fliegen von März bis Oktober. Für polylektische Wildbienenarten wird in der Literatur der gleiche Gesamtsammelzeitraum bestätigt (WESTRICH 2019). Obwohl in den Sommermonaten Juni, Juli und August die meisten Wildbienenarten gleichzeitig fliegen (Abb. 36), zeigen die Daten (Tab. 11, Anhang), dass vor allem in den Frühlingsmonaten März, April und Mai andere Wildbienenarten als in den Sommermonaten fliegen. In Zielarten-Mischpflanzungen sollen folglich artspezifische Pollenquellen von März bis Oktober angeboten werden.



Abb. 59: Kalkmagerrasen auf dem Schwiemelkopf im Diemeltal: *Knautia arvensis* ist eine wichtige Pollenquelle für die oligolektisch an Dipsacaceen sammelnde *Andrena hattorfiana* (Mitte), bietet aber auch Pollen für polylektische Wildbienenarten wie *Lasiglossum calceatum* (links unten) und *Halictus scabiosae* (Mitte) sowie andere Insekten. Der Tagfalter *Gonepteryx rhamni* saugt hier Nektar (rechts oben). Vom Schutz einer Zielart profitieren weitere Tier- und Pflanzenarten mit ähnlichen Habitatansprüchen.

4.2.2 Pollenquellen

Die Überprüfung der Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) und der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) in der Pflanzendatenbank zeigt, dass 70 % der bestätigten Pollenquellen polylektischer Wildbienenarten und 64 % der bestätigten Pollenquellen oligolektischer Wildbienenarten in der Pflanzendatenbank gelistet sind (Abb. 38). Damit eignet sich die Pflanzendatenbank allgemein als gute Grundlage für die Konfiguration von Zielarten-Mischpflanzungen. Da für die 19 exemplarisch betrachteten Wildbienenarten zumindest immer zwei durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank vorhanden waren, wird angenommen, dass die Pflanzendatenbank die Förderung aller Wildbienenarten als wählbare Zielarten ermöglicht (Abb. 38).

Unter den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) befinden sich viele Ruderalstrategen aus den Pflanzengattungen *Galeopsis*, *Sinapis*, *Brassica*, *Nonea*, *Odontites*, *Chondrilla*, *Picris* und *Sonchus*, die nicht in der Pflanzendatenbank gelistet sind (Abb. 41, Abb. 42, Abb. 45 und Abb. 48). Diese Taxa sind als Ruderalstrategen in der klassischen Pflanzenverwendung nicht von Bedeutung, allerdings sind andere Ruderalstrategen wie *Taraxacum officinale* dennoch in der Pflanzendatenbank gelistet.

Der Vergleich der in der Pflanzendatenbank gelisteten durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) der polylektischen Wildbienenarten *Hylaeus communis* und *Anthophora plumipes* weist darauf hin, dass die Verfügbarkeit der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) in der Pflanzendatenbank für die einzelnen Wildbienenarten vermutlich stark variiert (Abb. 41 und Abb. 43).

Aus Pollenquellenanalysen geht nicht hervor, welche Pollenmenge einer jeweiligen Pollenquelle gesammelt wurde, somit ist eine Präferenz von angebotenen Pollenquellen in diesen Daten nicht berücksichtigt und wird aus Beobachtungsdaten und Analysen gewonnen. Von der oligolektischen Wildbienenart *Andrena hattorfiana* ist aus WESTRICH (2019: 342) bekannt, dass *Knautia arvensis* und *Knautia dipsacifolia* Hauptpollenquellen sind und das Sammeln von Pollen an *Scabiosa* vermutlich ein Ausweich-

verhalten darstellt. WESTRICH (2019: 297) beobachtete ein Ausweichen auf *Picris hieracioides* und *Dianthus carthusianorum*, als ein Bestand von *Knautia arvensis* vollständig gemäht wurde. Ob die Brut mit dem Pollen dieser Taxa erfolgreich verproviantiert wird, bleibt unklar. Beim Vergleich der Flugzeit von *Andrena hattorfiana* und der Blütezeit der Pollenquellen wird der Sammelzeitraum ab Juni nur um wenige Taxa der Gattung *Knautia* erweitert (Abb. 46). Da diese Taxa mit der durch Analysen bestätigten Pollenquelle (PQ_{best}) *Knautia arvensis* am nächsten verwandt sind, ist anzunehmen, dass diese Taxa als Pollenquellen relevanter sind, als die potenziellen Pollenquellen der arten- und sortenreichen Gattung *Dianthus*, die vor allem zu Beginn der Flugzeit blüht. Durch eine klimawandelbedingte Verfrühung der Flugzeit stand keine der Gattung *Knautia* nah verwandte potenzielle Pollenquelle (PQ_{pot}) zur Verfügung. Bei einer Verspätung der Flugzeit bot die Pflanzendatenbank neben *Knautia arvensis* und *Knautia dipsacifolia* weitere potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) der Gattung *Knautia* und *Scabiosa*, hierunter *Knautia macedonica* und ihre Sorte 'Mars Midget'. Für die oligolektisch an Asteraceen sammelnde Wildbienenart *Dasypoda hirtipes* bot die Pflanzendatenbank während und über ihre Flugzeit hinaus sowohl durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}), als auch potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}). Für Mischpflanzungen verwendungsrelevante Pflanzenarten und Sorten der Gattung *Centaurea* ergänzen hier Ruderalstrategen wie *Hypochaeris* und *Leontodon*, die in der Regel keine Verwendung in dauerhaften Mischpflanzungen finden. So können viele bewährte Taxa die Pollenquellen der Landschaft im urbanen Raum sinnvoll ergänzen.

Der Pollenquellenpool steigt unter Einbezug heimischer potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}). Wird der Pollenquellenpool um nicht-heimische Taxa, darunter auch Sorten, erweitert, steigt der Pollenquellenpool um ein Vielfaches. Durch die Einbeziehung der potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) erhöht sich nicht die Anzahl der auf einer Fläche realisierbaren Einzelpflanzen, sondern der Pool an den für den jeweiligen Standort verwendungsrelevanten Taxa, was dem Planungswerkzeug mehr Auswahl bei der



Abb. 60: Nicht wählerisch: Diese Maskenbiene der Gattung *Hylaeus* sammelt Pollen an der *Achillea-filipendulina*-Hybride 'Coronation Gold'. Bei der Hybridisierung von *Achillea clypeolata* und *Achillea filipendulina* blieb die Pollenqualität vermutlich konstant.

Erfüllung der Konditionen bezüglich Standort und Gestaltung lässt.

Die Verwendung heimischer Taxa ist allgemein akzeptiert, während die Verwendung nicht-heimischer Taxa und Sorten in der Öffentlichkeit kritisch diskutiert wird. Nicht-heimische Taxa sowie Sorten können durch eine sich von heimischen Taxa abgrenzende Phänologie die Sammelzeiträume für oligolektische Wildbienenarten erweitern. Das nicht-heimische Taxon *Achillea filipendulina* ist eine durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) für *Colletes daviesanus*, *Colletes mlokoszewiczi*, *Heriades truncorum* und *Hylaeus nigrinus* und blüht zwei Wochen länger und erweitert somit den Sammelzeitraum für *Hylaeus nigrinus*, *Heriades truncorum* und *Colletes daviesanus*, die oligolektisch an Asteraceen Pollen sammeln (Abb. 51). Die Sorten 'Helios' und 'Credo' erweitern die Blühperiode um zwei Wochen und können den Sammelzeitraum für *Hylaeus nigrinus*, *Heriades truncorum* und *Colletes daviesanus* im Vergleich zum heimischen Taxon *Achillea millefolium* um vier Wochen verlängern. Bei den Sorten 'Helios' und 'Credo' handelt es sich um Züchtungen aus *Achillea millefolium* und *Achillea filipendulina* von Ernst Pagels. Die Sorte 'Credo' ist eine besonders standfeste, zitronengelbe Sorte, die bei der Staudensichtung vom Arbeitskreis mit zwei Sternen als „sehr gut“ bewertet wurde. Die kompakte, hellgelb

blühende Sorte 'Helios' erweitert das Sortiment um eine niedrigere Sorte, die mit 50 cm nur halb so groß wird, wie die Sorte 'Credo' (GAIBMAYER 2024a). Durch die Verwendung von Sorten können also auch in niedrigeren Pflanzungen wichtige Pollenquellen angeboten werden, die in ihrer ursprünglichen Art wegen ihrer Höhe evtl. keine Verwendung finden, wenn eine Zielarten-Mischpflanzung in ihrer Höhe begrenzt ist. Durch die Verwendung von Sorten kann zusätzlich die Attraktivität einer Pflanzung gesteigert werden. Unter dem Sortenbegriff verbergen sich neben stark züchterisch veränderten Taxa auch Naturfunde und Selektionen, die eine verfrühte oder verlängerte Blüte, und oft auch eine höhere Anzahl an Einzelblüten pro Individuum aufweisen. Eine erhöhte Anzahl von Einzelblüten wirkt auch auf Bestäuber attraktiv. Vorläufige Ergebnisse des Projekts Urbane Biodiversität stellten 2022 für *Achillea millefolium* 'Apfelblüte' eine höhere Anzahl an Blüten und einen höheren Zuflug von Wildbienenindividuen fest als für das heimische Taxon *Achillea millefolium*. Für das heimische Taxon *Lythrum salicaria* hingegen wurden im Vergleich zu der Kultursorte 'Robert' eine gleich hohe Anzahl an Einzelblüten und ein höherer Zuflug von Wildbienenindividuen festgestellt (LVG HEIDELBERG 2022: 7). Um die ökologische Qualität von Sorten oder Sortengruppen zu evaluieren, müssen Sorten differenziert be-

trachtet werden (Abb. 51). Solche Pionierarbeit kann bspw. in die Sichtungsarbeit des BdS integriert und in Form eines abgestimmten Monitorings für wichtige Insektengruppen geleistet werden. Ein weiterer, für oligolektische Wildbienenarten positiver Effekt durch die Verwendung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) könnte eine verringerte Pollenkonkurrenz sein, da auch polylektische Wildbienenarten potenzielle Pollenquellen nutzen und artspezifisch für oligolektisch sammelnde Wildbienenarten wichtige Pollenquellen weniger häufig anfliegen. Die exemplarische Auswertung der potenziellen Pollenquellen für die Wildbienenarten *Hylaeus communis* und *Anthophora plumipes* zeigt, dass die Steigerung des Pollenquellenpools nicht nur vom Arten- und Sortenreichtum der jeweiligen Pflanzengattung abhängt, sondern auch von der Anzahl der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) und der Anzahl der Beobachtungsdaten. Eine Erweiterung der Datengrundlage bspw. aus den Daten des Wildbienenkatasters könnte hier den Pollenquellenpool erweitern und auch Taxa berücksichtigen, die in der Pflanzendatenbank gelistet, aber noch nicht als Pollenquellen klassifiziert wurden. Aus den Analysen und Erkenntnissen

ergibt sich die Empfehlung, die Pflanzendatenbank sowohl um die 163 Stauden, Annuellen und Biennen und die 92 Gehölzarten zu erweitern, die in WESTRICH (2019: 368) als durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) gelistet sind, als auch um die Pflanzengattungen aus WESTRICH (2019: 297) mit Beziehungen zu oligolektischen Wildbienenarten (Tab. 15 und Tab. 17, Anhang). Dieses Zielarten-Sortiment der Pflanzendatenbank soll um die Kategorien „durch Analysen bestätigte Pollenquelle der Apiformes (PQA_{best})“ und „potenzielle Pollenquelle Apiformes (PQA_{pot})“ ergänzt werden. Die Zuordnung zu den Apiformes als Insektengruppe ermöglicht eine sukzessive Erweiterung des Zielartenspektrums, bspw. um Tagfalter. Diese erste, ökologisch ausgerichtete Erweiterung des Verwendungssortiments ermöglicht dem BdS und den produzierenden Betrieben, dem wachsenden Bedarf an insektenfreundlichen Pflanzenarten gerecht zu werden und langfristig zu planen. Sowohl unter den in der Pflanzendatenbank gelisteten, als auch unter den nicht gelisteten durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) befinden sich verwendungsrelevante Stauden, aber auch Ruderalstrategen sowie im Gartenbau ge-



Abb. 61: Schonstreifen am Ackerrand in Sabbenhausen: Die durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{pot}) *Cirsium arvense* gilt als gefährdetes Beikraut, da es sich sowohl über Samen als auch über Ausläufer rasch ausbreitet und kaum mechanisch bekämpft werden kann. Die polylektische Wildbienenart *Andrena flavipes* findet hier reichlich Pollen. Diese Pflanzenart ist in Deutschland häufig und weit verbreitet und soll für die Verwendung in Zielarten-Mischpflanzungen als ungeeignet klassifiziert werden.

fürchtete Begleitflora (Abb. 105 bis 108). Taxa wie *Aegopodium podagraria* oder *Cirsium arvense* (Abb. 61) sind aufgrund ihres vegetativen oder generativen Ausbreitungsdrangs in dauerhaften Pflanzungen nicht stabil zu vergesellschaften, da sie auf einer breiten Standortamplitude dazu neigen, Monokulturen zu bilden (Abb. 61). In der Landschaft sind diese Taxa oft häufig, woraus sich auch ihre Relevanz als Pollenquelle für Wildbienen ergibt. Es ist wahrscheinlicher, Pollen eines häufigen und weit verbreiteten Taxons bei einer Analyse in einer Pollenladung zu finden, als Pollen seltener und in der Landschaft rückläufiger Taxa. Die durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) bilden daher keine vollständige Liste und reflektieren durch lokale Datenaufnahmen lediglich das Vorkommen und Sammelverhalten der Wildbienenarten vor Ort, die neben der Verfügbarkeit der Pollenquellen von einer Vielzahl komplexer Faktoren abhängt. Eigene Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Anzahl der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) rasch steigen würde, wenn ein flächendeckendes Monitoring erfolgen würde. Die Liste der durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) ist dennoch aufschlussreich, zeigt sie doch, dass die Synthese aus dem

Wissen um den Spezialisierungsgrad, den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) und des beobachteten Sammelverhaltens die Einführung potenzieller Pollenquellen (PQ_{pot}) rechtfertigt. Entsprechend muss für die Konfiguration von Zielarten-Mischpflanzungen in der Pflanzendatenbank zwischen geeigneten Taxa, ungeeigneten Taxa und duldbaren Taxa differenziert werden. Ungeeignete Taxa werden von der Verwendung ausgeschlossen und aus Zielarten-Mischpflanzungen entfernt. Duldbare Taxa, die als Pollenquelle genutzt werden, wie *Erigeron annuus* siedeln sich oft von alleine an. Andere häufig genutzte Pollenquellen wie *Allium cepa* und *Foeniculum vulgare* sind Bestandteil unserer Nutzgärten (Abb. 62). Um einem Verlust an Information vorzubeugen, sollen auch für Mischpflanzungen ungeeignete Pollenquellen in die Pflanzendatenbank aufgenommen werden, auch wenn diese in Zielarten-Mischpflanzungen keine Verwendung finden. 92 durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) haben die Lebensform Gehölz und werden durch die Pflanzendatenbank nicht abgebildet. Langfristig ist hier eine Fusion einer Gehölzdatenbank des Bund deutscher Baumschulen (BdB) mit der Pflanzendatenbank des BdS anzustreben.



Abb. 62: Einfach mal blühen lassen: Unter den durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{pot}) befinden sich auch Pflanzenarten unserer Gemüsegärten wie *Allium cepa*, die gerne von dieser Wildbiene der Gattung *Hylaeus* besucht wird. Unter den durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{pot}) befinden sich weitere Bauerngartenpflanzen wie *Anthirrhinum majus* (links im Bild) und *Allium schoenoprasum* (rechts im Bild). *Anethum graveolens* wird von Wildbienen angefliegen, es liegen jedoch keine Analysen vor.

Teil II: Entwicklung des intelligenten Planungswerkzeugs

*„Man sollte (...) jedoch bei allem Bemühen
um eine künstlerische Gestaltung einer Anlage
stets die Natur als Lehrmeister betrachten...”*

~ Richard Hansen (1912-2001)
aus Hansen & Stahl (2016: 61)

5. Konzept

Das Konzept beinhaltet die Entwicklung programmspezifischer Konditionen für die Ermittlung der Artzusammensetzung und des Aufbaus einer Mischpflanzung durch ein intelligentes Planungswerkzeug. Für einen systematischen Aufbau der Pflanzung werden aus der Literatur bekannte Funktionstypen weiterentwickelt und neu definiert, um Gestaltung und Funktionalität der Mischpflanzung zu gewährleisten. Es werden Voreinstellungen formuliert, durch die der Anwender sicherstellen kann, dass die Pflanzung standortgerecht ist und den Ansprüchen an die Umgebung genügt. Insbesondere die Auswahl der Wildbienenarten ermöglicht dem Anwender, auf der Fläche gezielt Wildbienenarten bei der Förderung zu priorisieren und artenschutzrelevante Flächen anzulegen (vgl. Kapitel 5.3.9). Die Voreinstellungen sollen einfach verständlich sein und von den jeweiligen Sachbearbeitern der Kommunen und Gemeinden auch ohne tiefere zoologische und pflanzensoziologische Vorkenntnisse getroffen werden können. Damit solche Flächen dauerhaft ihre Funktion erfüllen, wirtschaftlich tragbar und nachhaltig sind, wird ein extensives Pflegekonzept erstellt, dass auch externe Pflegekräfte adressiert (vgl. Kapitel 5.7).

Hierbei spielt die digitale Vernetzung mit anderen Datenbanken wie Flora incognita eine große Rolle und ermöglicht auch ungeübten Pflegekräften gezielte Pflegemaßnahmen umzusetzen. Das Konzept erlaubt die partizipative Planung der Flächen und ermöglicht, in jeder Planungsstufe eigene Expertise einzubringen. Damit eignet sich das intelligente Planungswerkzeug sowohl für Privatpersonen, die ihren Privatgarten umgestalten möchten, als auch für Landschaftsarchitekten und Pflanzplaner. Implementierte Mischpflanzungen erhalten ein Zertifikat und werden mit der Wildbienen-Bestimmungs-Applikation vernetzt, die das Julius-Kühn-Institut für Bienenschutz im Rahmen des Projekts BeesUp! entwickelt (vgl. Kapitel 5.9). Die Bevölkerung erhält über einen QR-Code Zugang zur jeweiligen Mischpflanzung und kann über die Applikation Daten zu auf der Fläche gesichteten Wildbienenarten hochladen und aktiv an der Forschung mitwirken. Solche Citizen Science-Aktionen schaffen Bewusstsein für Artenschutz und steigern über die Identifikation mit den artenschutzrelevanten Maßnahmen die Akzeptanz für solche Flächen in urbanen Räumen.

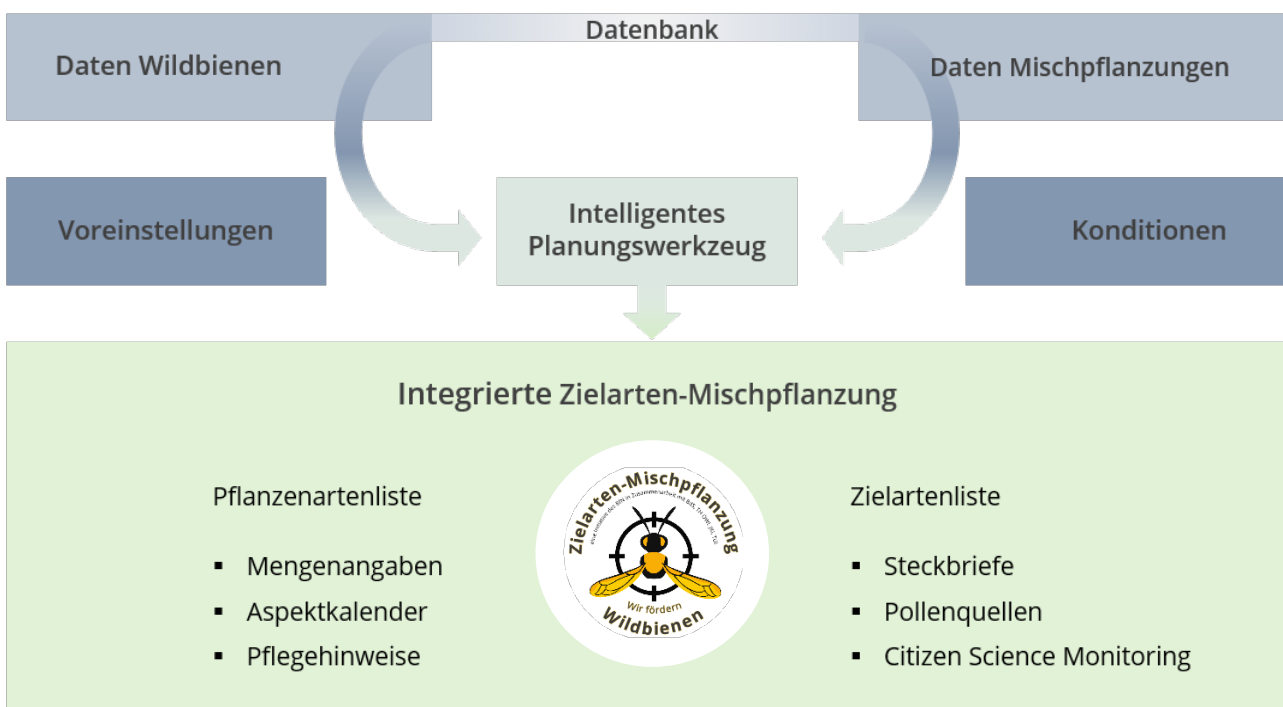


Abb. 63: Übersicht über das Konzept für die Entwicklung des intelligenten Planungswerkzeugs für Zielarten-Mischpflanzungen.

5.1 Bepflanzungstyp: Integrierte Zielarten-Mischpflanzung

Die Formulierung neuer und komplexer Ansprüche an urbane Begrünung, die Herausforderung, keine beliebigen wildbienenfreundlichen Flächen zu schaffen, sondern steigende Ansprüche an kostengünstige und dabei ästhetische Grünflächen für gezielten Artenschutz, führen zur Entwicklung dieses neuen Bepflanzungstyps.

Für artenschutzrelevante Pflanzplanung eignen sich Mischpflanzungen gut, denn sie orientieren sich in vielen Aspekten an der Natur (vgl. VOSKUHL & ZUCCHI 2020: 62, BOUILLON et al. 2023:16, HEINRICH & MESSER 2012: 46). Mit naturalistischem Charakter erinnern sie oft an bunte Saumgesellschaften oder artenreiche Magerrasen und gleichen diesen natürlichen Pflanzengesellschaften auch in ihrer oft höheren Dynamik. Eine hohe Artenzahl erlaubt es Mischpflanzungen resilient auf schwankende Umweltbedingungen zu reagieren und der Ausfall einzelner Pflanzenarten wird durch andere Pflanzenarten kompensiert (HEINRICH & MESSER 2012: 46). Nach der Initialpflanzung wird die natürliche Sukzession durch eine begleitende Pflege moderiert, in der nur in ihrem Ausbreitungsdrang problematische Beikräuter gejätet werden. Die gestalterischen Funktionen der Funktionstypen werden dabei erhalten. Durch diese reduzierte Pflege, die auf regelmäßiges Durchhacken, Schneiden und Ausputzen, also Störung wie in klassischen Rabatten verzichtet, profitieren auch viele Insekten, die in solchen extensiven Mischpflanzungen dauerhaft Lebensraum finden.

Unter den wichtigsten Pollenquellen für Wildbienen (KUPPLER et al. 2023:5) befinden sich viele Ruderalstrategen, die oft kurzlebig sind, sich aber stark versamen (vgl. GRIME 1977). Zum Keimen benötigen diese Pflanzenarten offenen Boden und tragen erfahrungsgemäß zu einer höheren Dynamik in Pflanzungen bei, als langlebige Stauden. Eine wildbienenfreundliche Mischpflanzung aus langlebigen Stauden, die gepflanzt das zuverlässige Gerüst der Mischpflanzung bilden kann durch eine Ansaat ergänzt werden (vgl. HEINRICH & MESSER 2012: 29, FÖHN 2005). Durch dieses sogenannte „integrierte System“ können die Kosten für die Initialpflanzung signifikant reduziert werden. Orientiert sich diese „Integrierte Mischpflanzung“ nun an den Bedürfnissen von wählbaren Wildbienenarten (Abb. 96), die gezielt durch die Verwendung ihrer Pollenquellen gefördert werden, handelt es sich um eine Integrierte Zielarten-Mischpflanzung.

5.2 Konditionen

Aus den Pflanzen der Pflanzendatenbank und der referenzierten Pollenquellendatenbank, in der die Daten aus WESTRICH (2019) und weiteren Autoren gesammelt werden, wird nach formulierten Konditionen durch das intelligente Planungswerkzeug eine Mischpflanzung generiert (Tab. 12). Um den gestalterischen und funktionellen Charakter einer Mischpflanzung zu erzielen, werden Eigenschaften, Grenzen für Mengenanteile (Gesamtmenge Einzelpflanzen) und die Verteilung der Artanzahl innerhalb bestimmter Funktionstypen festgelegt. Konjunktionen werden mit dem mathematischen $\wedge$ -Symbol angegeben. Das erfüllen einer bestimmten oder einer anderen bestimmten Kondition wird mit einem $\vee$ -Symbol angegeben. Trifft eine Kombination aus "und" und "oder" zu, werden die Konditionen mit einer bipolaren Konjunktion ($\wedge\vee$) angezeigt. Das $\neq$ -Symbol schließt Eigenschaften aus. Wird aus-

geschlossen, dass Konditionen zeitgleich erfüllt werden, wird das ausschließende $\neg$ -Symbol angegeben. Die Eigenschaften der Pflanzen, die als Bedingung erfüllt oder ausgeschlossen sind, werden als traits bezeichnet. Jeder Pflanzenart können mehrere traits zugeordnet werden. Der Begriff „Art“ schließt in diesem Kapitel Sorten ein. Zeiträume wie die Blütezeit werden in Wochen gerechnet. Die angegebenen Grenzen der Mengenangaben beziehen sich auf eine Mischpflanzung für mittlere Flächengrößen von 10 bis 20 m², da in den vorangegangenen Analysen der Mischpflanzungen für die Ermittlung der Orientierungswerte der Grenzen Mischpflanzungen aller Flächengrößeneignung eingegangen sind. Die Bedingungen müssen für Flächen unter 10 m² und Flächen ab 20 m² nach ersten Tests des Prototyps des intelligenten Planungswerkzeugs differenziert formuliert werden.

Konditionen



1	Artenpool
2	Pflanzabstände
3	Gesamtartenzahl
4	Lebensform
5	Pollenquellen
6	Akzeptanzbildner: Gerüstbildner & Dauerblüher
7	Begleitarten
8	Bodendecker
9	Frühjahrsgeophyten
10	Farbgestaltung

Pool Pflanzenarten

5.2.1 Artenpool

$\neq$ trait „gefüllt“ $\wedge$ „halbgefüllt“ $\wedge$ „steril“
 $\wedge \neq$ trait „invasive Arten“
 $\wedge$ WHZ < 9
 $\wedge \neq$ ungeeignete Arten

Der Artenpool definiert sich als die Gesamtmenge der Pflanzenarten, aus welchen das Planungswerkzeug die Mischpflanzung konfiguriert. Der Artenpool muss wichtige Kriterien erfüllen. Die Gesamtmenge der Pflanzenarten umfasst die Pflanzenarten aus der Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2024), die zumindest für generalistische Wildbienenarten Pollen bieten müssen. Durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}) und potenziellen Pollenquellen aus Beobachtungsdaten (PQ_{pot}) aus WESTRICH (2019), die auf der taxonomischen Rangstufe der Gattung erfasst werden, sollen als Pollenquellen fester Bestandteil der Zielarten-Mischpflanzung sein.

Gefüllte, halbgefüllte und sterile Sorten

Durch die Erweiterung der Pollenquellen um Pflanzengattungen als potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) erweitert sich der Artenpool nicht nur um Pflanzenarten aus Pflanzengattungen, an welchen noch keine Pollenverwendung von Wildbienenarten belegt ist, sondern auch um Sorten, unter welchen sterile, gefüllte oder halbgefüllte vorkommen. Solche Pflanzenarten bieten keinen oder wenig Pollen und müssen aus dem Artenpool ausgeschlossen werden.

Invasive Arten

Die vom BfN nach der aktuellen Unionsliste der invasiven gebietsfremden Pflanzenarten als „invasiv“ geführten Pflanzenarten werden aus dem Artenpool ausgeschlossen, da sie ökologisch problematisch und ihre Verwendung rechtsbindend untersagt ist (NEHRING & SKOWRONEK 2023). Laut der Invasivitätsbewertung gebietsfremder Pflanzenarten befindet sich die noch häufig verwendete *Solidago canadensis* bereits auf der Managementliste und *Buddleja davidii* als potenziell invasive Art sogar auf der Handlungsliste (Abb. 64). *Allium paradoxum* und die zunehmend beliebte Art *Echinops sphaerocephalus* befinden sich inzwischen auf der Beobachtungsliste (NEHRING et al. 2013).

Winterhärte

Um zu gewährleisten, dass alle Pflanzenarten ausreichend winterhart sind, werden die Winterhärtezonen nach HEINZE & SCHREIBER (1984) berücksichtigt. Die Winterhärtezonen beschreiben geografische Einheiten mit ähnlicher gemittelter Minimumtemperatur der Luft im Winter. In Zielarten-Mischpflanzungen werden nur Pflanzenarten verwendet, die mindestens für Winterhärtezone 8 gelistet sind, was bedeutet, dass sie einen durchschnittlichen Winter mit einem mittleren jährlichen Minimum der Lufttemperatur von -17,8 bis -12,3 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % überstehen (vgl. HEINZE & SCHREIBER 1984). Dem Anwender wird in den Voreinstellungen eine weitere Differenzierungsmöglichkeit zwischen Winterhärtezone 7 für Vororte und ungünstige Lagen und Winterhärtezone 8 für Innenstädte und Weinbauklima geboten (vgl. Kapitel 5.3.2 Voreinstellungen).

Ungeeignete Arten

Unter den Pollenquellen befinden sich auch zahlreiche Pflanzenarten, die in Pflanzungen aufgrund ihres extremen Ausbreitungsdrangs problematisch sind, wie *Taraxacum officinale*, der als Ruderalstrategie viele Samen bildet und mit einer nahezu unverwüsthlichen Rübe dauerhafte Bestände bildet und konkurrenzschwächere Pflanzenarten verdrängt. Gleiches gilt für stark ausläufertreibende Pflanzenarten mit hohem Biomassezuwachs, wie *Cirsium arvense*, die als ausgesprochene Konkurrenzstrategen rasch ganze Flächen überwuchern können.



Abb. 64: *Buddleja davidii* 'Ivory' aus der BUZZ-Serie, ein häufig verwendetes potenziell invasives Gehölz aus China.

5.2.2 Pflanzabstände

S-betonte Standorte:

Fr₁, SH, D, A, St₁, St₂, St₃, G₁, GR₁, SV₁, SV₂, SR₂
Pflanzabstandsbereich $> \bar{x}$

C-betonte Standorte:

G₂, G₃, GR₂, GR₃, Fr₂, Fr₃, B₁, B₂, B₃, , SV₃, SR₁,
SR₃,
Pflanzabstandsbereich $\leq \bar{x}$

Aufgrund des artspezifischen Ausbreitungsdrangs, des Habitus und der Reaktion auf den Standort, insbesondere der Nährstoffverfügbarkeit des Bodens, werden für jede Pflanzenart eigene Empfehlungen für die Pflanzabstände in Pflanzen/m² angegeben. Diese Angaben schwanken bei unterschiedlichen Autoren. Die verwendeten Angaben wurden der Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2024) entnommen und basieren auf den über drei Dekaden zusammengetragenen Erfahrungen von Hans Götz, den Sichtungsergebnissen von Professor Sieber aus Weißenstephan und der bis in die 1990er Jahre gängigen Fachliteratur.

In Mischpflanzungen richtet sich der Pflanzabstand jedoch nach dem Standort und den damit verbundenen Wachstumsbedingungen. Als durchschnittliche Pflanzdichte für Mischpflanzungen geben HEINRICH & MESSER (2012: 16) 5 bis 12 Pflanzen/m² an, wobei Flächen stressbetonter Standorte aufgrund der zu erwartenden niedrigeren Wachstumsraten dichter bepflanzt werden als Flächen auf wettbewerbsorientierten Böden, auf denen sich die Standortfaktoren für Konkurrenzstrategen eher im Optimum befinden und üppiges Wachstum zu erwarten ist. Für stressbetonte Standorte (S-betonte Standorte) werden 8 bis 12 Pflanzen/m² festgelegt, für wettbewerbsorientierte Böden (C-betonte Standorte) 5 bis 7 Pflanzen/m². Der Anteil der Pflanzenarten, die gesät werden, geht mit den gleichen Pflanzabständen in die Berechnung der Mengen ein. Die Flächenanteile werden beim hierarchischen Auslegen der Einzelpflanzen, beginnend mit den Gerüstbildnern, entsprechend frei gelassen (Abb. 65). Die Menge des zu verwendenden Saatguts richtet sich nach den von den Herstellern empfohlenen Angaben. Unweigerlich erhöht das Säen in der Realität die Stückzahlen der Pflanzenart, denn für eine errechnete

Einzelpflanze wird mehr als ein Samen gesät. Sind für eine Fläche bspw. 15 *Echium vulgare* angegeben, die nicht Pollenquelle für eine Zielart sind und gesät werden können, so wird an bis zu 15 Stellen in der Mischpflanzung Saatgut von *Echium vulgare* ausgebracht. Eine hohe Zahl Sämlinge ist in einer Mischpflanzung jedoch unproblematisch. Die tatsächlichen Pflanzabstände, bzw. die durch das intelligente Planungswerkzeug ausgegebenen Mengen der einzelnen Pflanzen, ergeben sich aus den durch den Anwender gewählten Lebensbereich. Die Lebensbereiche Alpinum (A) und Steinanlage (St) sind bezüglich der Pflanzdichte bspw. immer stressbetonte Standorte, der Lebensbereich Beet immer ein C-betonter Standort. Sohlebereiche der Retentionsflächen des Lebensbereichs Schwammstadt (SR) werden aufgrund des hohen Nährstoffeintrags durch Niederschlagswasser als konkurrenzbetonte Standorte eingestuft. Die Böschungen (SV₂ und SR₂) sollen hier jedoch rasch durchwurzelt und befestigt werden, um Erosion zu vermeiden, weshalb hier eine dichtere Initialpflanzung zu empfehlen ist und diese Lebensbereiche bzgl. der Pflanzdichte S-betonen Standorten zugewiesen werden (vgl. Kapitel 5.3.3). Alle übrigen Lebensbereiche werden mit der Bodenfeuchtestufe 1 als stressbetonte Standorte eingestuft. Sollen einzelne Pflanzenarten oder Funktionstypen manuell ermittelt und ausgetauscht werden, so sollen bei stressbetonten Standorten die Pflanzabstandsangaben über dem Mittelwert der empfohlenen Pflanzabstände aus GÖTZ et al. (2024) verwendet werden. Bei *Helleborus x orientalis* mit empfohlenen Pflanzabständen von 40 bis 60 cm (GÖTZ et al. 2024) wird demnach für die Verwendung im trockenen Gehölzrand GR₁ ein Pflanzabstand von 50 bis 60 cm angenommen. Die gleiche Pflanzenart kann aufgrund ihrer breiten Standortamplitude auch in Pflanzungen der Lebensbereiche mit den Bodenfeuchtestufen 2 oder 3 gedeihen und wird an diesen wettbewerbsorientierten Standorten in Pflanzabständen unter dem Mittelwert der empfohlenen Pflanzabstände verwendet. *Helleborus x orientalis* wird demnach im frischen Gehölzrand (GR₂) mit einem Pflanzabstand von 40 bis 50 cm verwendet.

5.2.3 Gesamtartenzahl

Lebensbereiche SH, D, Fr₁₋₃, B₁₋₃:

< 10 m² = 15-20 Arten

10-20 m² = 20-25 Arten

> 20 m² = 25-35 Arten

Lebensbereiche G₁₋₃, GR₁₋₃, A, St₁₋₃ S:

< 10 m² = 8-12 Arten

10-20 m² = 12-16 Arten

> 20 m² = 16-25 Arten

Die Gesamtartenzahl richtet sich nach den Lebensbereichen und ist in den Lebensbereichen Steppenheide (SH), Dachgarten (D), Freifläche (Fr₁₋₃) und Beet (B₁₋₃), höher als in den Lebensbereichen Gehölz (G₁₋₃), Gehölzrand (GR₁₋₃), Alpinum (A) und Steinanlage (St₁₋₃). Für sehr kleine Pflanzflächen wie Baumscheiben und Inselbeete bis 10 m² werden 8 bis 20 Pflanzenarten verwendet. Für Pflanzflächen von 10 bis 20 m², wie Verkehrsinseln werden 12 bis 25 Pflanzenarten verwendet, während große Pflanzflächen über 20 m² mit 16 bis 35 Pflanzenarten bepflanzt werden. Im Vergleich zu den üblich verwendeten durchschnittlichen Gesamtartenzahlen der Mischpflanzungskonzepte des BdS weist die Zielarten-Mischpflanzung damit eine höhere Anzahl der insgesamt verwendeten

Pflanzenarten auf, die sich an den Durchschnittswerten orientiert, aber niedrige Gesamtartenzahlen ausschließt.

Als Konsequenz wird die Phytodiversität und dadurch auch die allgemeine Biodiversität erhöht, da mehr Insektenarten Nahrung geboten wird. Eine gesteigerte Phytodiversität erhöht auch die Resilienz der Zielarten-Mischpflanzung gegenüber extremen Umweltschwankungen wie sie im Zuge des Klimawandels immer häufiger im Stadtklima festgestellt werden und in steigendem Maße zu erwarten sind. Selbst bei guter Planung durch versiertes Fachpersonal können Pflanzenarten durch unvorhersehbare Faktoren wie Schädlingsbefall kurzfristig ausfallen. Durch eine höhere Artenzahl kann auch der negative Einfluss von Fehlvorschlägen durch das Planungswerkzeug in Form von für den Standort ungeeigneten Pflanzenarten minimiert werden, die mittelfristig ausfallen.



Abb. 65: Mischpflanzung mit Ansaat: Zuerst werden die wichtigen Gerüstbildner und anschließend die übrigen Funktionstypen ausgelegt. Für die zu säenden Pflanzenarten werden Flächenanteile freigelassen. Die Ansaat von Ruderalstrategen oder Pollenquellen, die nicht als Topfware verfügbar sind, erfolgt erst nach der Pflanzung.

5.2.4 Lebensformen

≤ 35 % Gesamtmenge Einzelpflanzen
 erfüllen den trait „Annuelle“ v „Bienne“
 $\wedge > 65$ % erfüllen den trait „Stau­de“ v
 „Halbstrauch“
 $\wedge$ Fläche $\geq 50 \text{ m}^2$ - Gehölze zulassen:
 ≤ 1 Gehölz/50 m^2
 $\wedge \leq 5$ % Gräser

Den Begriff der Lebensform mit der Einteilung von Pflanzenarten nach der Lage ihrer Überdauerungsorgane hat RAUNKIÆR (1934: 18) geprägt und er dient heute noch als wichtige Kategorisierung für Pflanzenarten (Abb. 67). In der Pflanzenverwendung werden die Begriffe Stau­de, Gehölz, Annuelle und Bienne oft nicht klar gegeneinander abgegrenzt. So werden Farne, Gräser und Geophyten oft gesondert angesprochen, obwohl die meisten davon perennieren, was die Kerneigenschaft von Stauden in der Pflanzenverwendung ausmacht.

Gehölze

Gehölze sind langlebig und besitzen gut geschützte Überdauerungsknospen über dem Boden. Zu ihnen zählen die Phanerophyten und die noch verholzenden Chamaephyten, wie bspw. die Pflanzengattung *Thymus*, die aufgrund ihres niedrigen Wuchses oft zu den Stauden gezählt und auch wie diese verwendet wird (Abb. 66). In der Pflanzendatenbank werden 51 Pflanzenarten der Gattung *Thymus* geführt, die der Lebensform Stau­de zugeordnet wurden. Unter solchen Halb- und Zwergsträuchern befinden sich auch viele durch Analysen bestätigte Pollenquellen (PQ_{best}).

Ab einer Flächengröße von 50 m^2 sind auch freitragende Gehölze in Einzelstellung oder kleinen Gruppen möglich, sofern sie, wie Arten der Gattung *Malus*, *Pyrus* oder *Salix* zumindest generalistischen Wildbienenarten Pollen bereitstellen (Abb. 100).

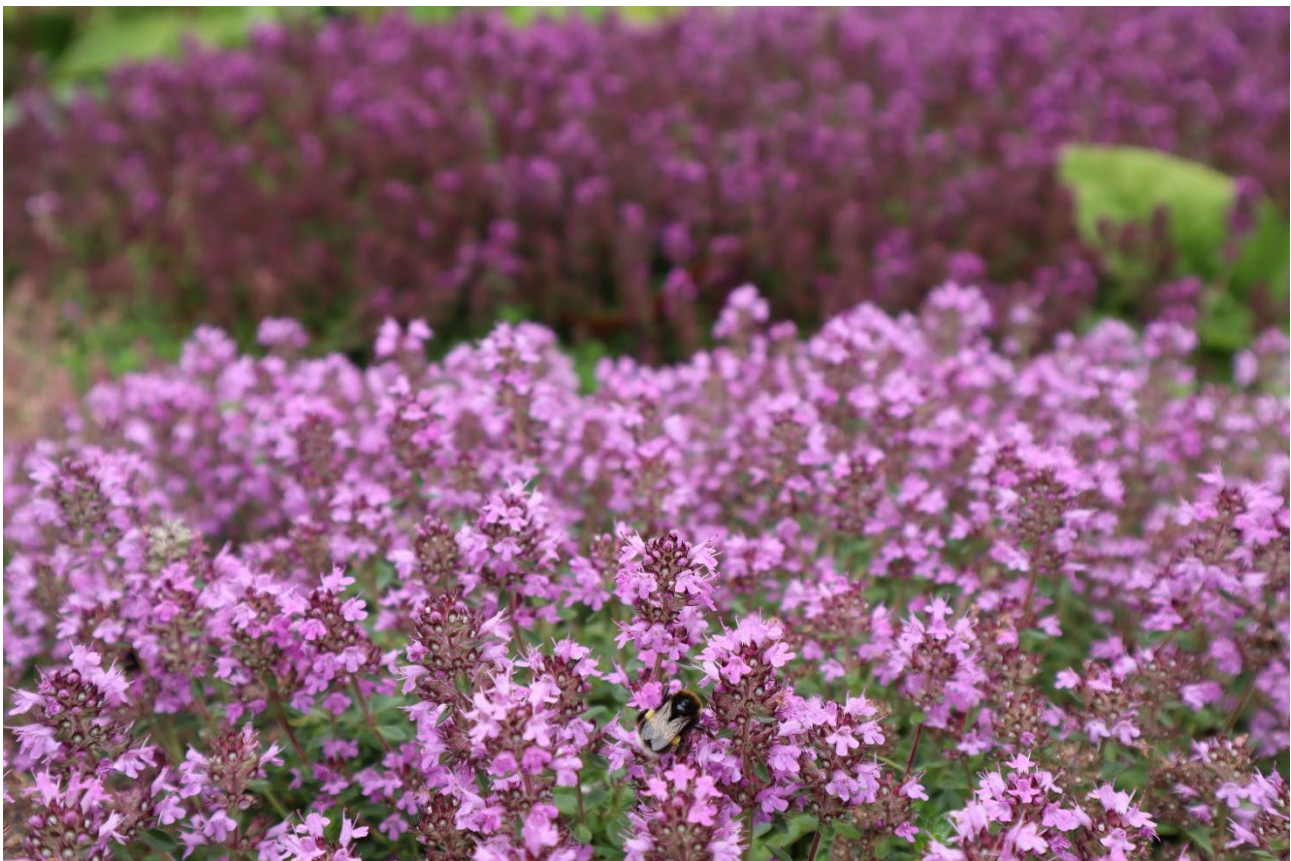


Abb. 66: Die beliebte Pflanzengattung *Thymus* ver­holt an der Basis und zählt damit zu den Gehölzen, wird aber oft wie eine Polsterstau­de verwendet. Einige Arten gehören nach WESTRICH (2019) zu den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) von 5 poly­lektischen Wildbienenarten und Arten der Wildbienen­gattung *Bombus*.

Annuelle Pflanzenarten

Die annuellen Therophyten oder Einjährigen überdauern die ungünstige Jahreszeit als Samen. Die Samen können artspezifisch auch viele Jahre im Boden verbleiben und bilden eine Samenbank, die oft erstaunlich komplex und langlebig ist. Therophyten können in Lichtkeimer und Dunkelkeimer unterschieden werden. Oftmals keimen Pflanzenarten erst nach Jahren, wenn die Keimbedingungen besonders günstig sind und treten dann in Massen auf. Annuelle Pflanzenarten können zu einer hohen Dynamik in Pflanzungen führen, weshalb klassisch vorzugsweise langlebige Stauden Verwendung finden.

Bienne Pflanzenarten

Bienne oder zweijährige Pflanzenarten bilden im ersten Jahr eine Rosette mit Überdauerungsknospen auf Bodenniveau und blühen erst im zweiten Jahr. Zusammen mit den krautigen Chamaephyten, den Hemikryptophyten, den Geophyten und den Hydrophyten werden sie oft zu den Stauden gezählt. In dieser Arbeit wird die Einteilung in Annuelle, Bienne, Stauden und Gehölze verwendet, da diese Unterscheidung für die Verteilung und Mengen der Funktionstypen entscheidend ist und in der Praxis üblich ist.

Gräser

Unter den Gräsern finden sich sowohl annuelle als auch perenne Arten. Perenne horstbildende Gräser können besonders in naturalistischen Pflanzungen wichtige Strukturgeber oder auch Weichzeichner sein und die Attraktivität einer Mischpflanzung positiv beeinflussen. Karl Förster schrieb bereits: „...die Gräser bringen das Wunder der Natürlichkeit in den Garten.“ Da Gräser als Windbestäuber keinen Pollen für Wildbienen bereitstellen, wird ihr Anteil mit höchstens 5 % stark begrenzt.

Frühjahrsgeophyten

Die Gruppe der Frühjahrsgeophyten wird trotz der Zugehörigkeit zu den Stauden gesondert verwendet, da sie durch den Frühjahrsaspekt eine besondere Funktion in Pflanzungen erfüllt, aber nur in dieser kurzen Zeitperiode von Bedeutung für eine Mischpflanzung ist. Unabhängig von den Mengenanteilen der übrigen Pflanzenarten bilden Frühjahrsgeophyten einen eigenen Layer (vgl. Kapitel 5.2.9).

Einteilung Praxis	Einteilung nach Raunkiaer
Annuelle	Therophyten: einjährige, auch Winterannuelle, die als Samen überdauern. (<i>Stellaria media</i> , <i>Eschscholzia californica</i>)
Gehölze • verholzen zumindest an der Basis	Phanerophyten: Überwinterungsorgane dauerhaft ab 50 cm über Bodenniveau (Gehölze, Epiphyten) Chamaephyten: Pflanzenarten mit oberirdisch liegenden, zum Teil auch verholzenden Überdauerungsorganen. Die Pflanzenarten erreichen selten eine Höhe von über 50 cm. Überdauerungsorgane bis 50 cm über Bodenniveau. - Zwergsträucher: <i>Lavandula angustifolia</i> - Halbsträucher: <i>Perovskia abrotanoides</i>
Stauden • ausdauernde krautige Pflanzenarten • oberirdische krautige Triebe sterben nach jeder Vegetationsperiode ab • überdauern mehrere Jahre und blühen und fruchten in jedem Jahr neu (Perennieren) • Bienne Pflanzenarten fallen oft unter kurzlebige Stauden	- Krautige: <i>Lysimachia nummularia</i> Hemikryptophyten: Ausdauernde krautige Pflanzen, deren oberirdische Sprosse im Winter absterben. Die Überdauerungsorgane befinden sich oft durch lebende oder tote Blatt- und Sprossreste geschützt an der Bodenoberfläche. (Horst, Rosette, Schaft, kriechend) Geophyten: Ausdauernde krautige Pflanzen, die periodisch oberirdisch absterben. Ihre Überdauerungsorgane befinden sich unter der Erde und besitzen meist auch eine Speicherfunktion (Rhizom, Zwiebel, Knolle) Hydrophyten: Wasserschwimmer und Wasserwurzler

Abb. 67: In der Pflanzenverwendung gängige Einteilung von Pflanzenarten in Annuelle, Gehölze und Stauden, sowie die Abgrenzung der Lebensformen nach RAUNKIAER (1934: 18).

Pflanzung und Aussaat

Die Ansaat von Bienennährpflanzen ist eine häufig verwendete Praxis. Vor allem im ersten Jahr blühen diese Saatgutmischungen reichlich. Nach dem Motto „Low Input, High Impact“ spielen inzwischen auch viele moderne Pflanzenverwender wie Nigel Dunnett mit dieser Technik, da eine Ansaat kostengünstig und unkompliziert ist. Durch kreative Saatgutkombinationen aus Drifts oder Farbverläufen entstehen Flächen aus Annuellen wie „Gold Meadows“ im Olympic Park oder „Superbloom“ am Tower of London (SPENCER 2019). Diese Flächen sind allerdings nicht auf Dauerhaftigkeit ausgelegt und werden in der Regel rasch in Gebrauchsrasen umgewandelt. Nicht nur annuelle und bienne Pflanzenarten lassen sich gut säen, auch viele Stauden eignen sich für eine Ansaat, was erfolgreiche Projekte wie die Staudensaat in Verbindung mit Pflanzung auf der Bundesgartenschau in Magdeburg 1999 zeigen (KUNIK 1999, vgl. BOUILLON et al. 2023: 126).

Die finanzielle Einsparung dürfte bei der Integration von einer Ansaat zusätzlich zur Pflanzung hoch sein. In der Regel werden schwer zu etablierende Pflanzenarten als vorgezogene und getopfte Ware gepflanzt. In der Zielarten-Mischpflanzung werden relevante Pollenquellen, wichtige Gerüstbildner und schwer keimende Stauden initial gepflanzt, sofern auf dem Markt verfügbar. Es gibt für große Flächen auch die Option, einen begrenzten Ausschnitt zu pflanzen und die restliche Fläche einzusäen, sodass gerade im öffentlichen Raum das Zielbild der Pflanzung kommuniziert werden kann und die Zeit des Wartens auf die voll entwickelte Pflanzung von der Bevölkerung akzeptiert wird. Allerdings brauchen Stauden bei Aussaat je nach Pflanzenart 2 bis 5 Jahre um ihr volles Potenzial zu entfalten, einen ansprechenden Habitus zu entwickeln und zu blühen. In dieser Zeitspanne muss intensiver gepflegt werden, da der Konkurrenzdruck durch Beikräuter höher ist.



Abb. 68: Best practice-Beispiel einer Blühfläche an der Berliner Straße in Braunschweig: Im Rahmen des Projekts Bees Up! hat Dipl. Ing. Henri Greil vom Institut für Bienenschutz eine Saatgutmischung für Wildbienen aus 250 verschiedenen Pflanzenarten entwickelt. In Braunschweig wurden durch das Projekt bereits 50 ha auf diese Weise begrünt.

Sukzession und Dynamik

Von der Verteilung der Lebensformen in einer Pflanzung hängt der Grad ihrer Dynamik ab. Stauden und Gehölze sind langlebig und schaffen dauerhaft zuverlässige Pflanzungen mit stabilen Pflanzbildern. Dennoch kommt es trotz standortgerechter Pflanzenwahl zu Ausfällen von Einzelpflanzen oder Pflanzenarten. Kurzlebige Stauden, annuelle oder bienne Pflanzenarten besiedeln diese Lücken auch kurzfristig durch eine rasche Bestockung oder reiche Versamung. Allerdings ist kaum vorhersehbar, wie stark sich diese Ruderalstrategen in einer Pflanzung vermehren. Durch jährlich unterschiedlich ausgeprägt auftretende Ereignisse wie Trockenheit oder Frost ist auch eine Schwankung von Jahr zu Jahr möglich. So kann nach eigenen Beobachtungen in einem Jahr die sich generell reichlich versamende Art *Papaver rhoeas* in einer Pflanzung dominieren, im

Folgejahr jedoch *Anthemis tinctoria*, um sich im dritten Jahr die Fläche mit *Silene dioica* zu teilen, die vor allem in den frischeren Bereichen dominiert. Um jedoch eine Stabilität zu gewährleisten und dennoch naturalistische Bilder und eine dynamische Entwicklung der Pflanzung mit vielen unverzichtbaren annuellen Pollenquellen zu ermöglichen, wird die Menge annueller und biennier Pflanzen auf höchstens 35 % begrenzt. Eine aussagekräftige Grundstruktur aus perennierenden, also langlebigen Gerüstbildnern kann eine dynamische Pflanzung mit annuellen und biennen Pflanzenarten aufnehmen, ohne ihren Charakter zu verlieren.



Abb. 69: Die südfranzösische Garrigue bei Cournonterral mit *Genista scorpius* und *Asphodelus cerasiferus*, einer Pflanzenart, die durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) von *Megachile circumcincta* ist. Inspiriert durch den strukturellen Aufbau solcher natürlichen und naturnahen Vegetationsbilder wurden elementare Funktionstypen der Mischpflanzungen wie Gerüstbildner entwickelt.

5.2.5 Pollenquellen

Bei Vorauswahl Herkunft „nur heimische Arten“:

100 % erfüllen den trait „heimisch“
 $\wedge \geq 10$ % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten
 $\wedge$ Verteilung auf ≥ 1 Pflanzenart/Zielart
 $\wedge \geq 10$ Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart
 $\vee$ Anzahl Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart für Versorgung ≥ 1 Brutzelle

Bei Vorauswahl Herkunft „nicht-heimische Arten zulassen“:

100 % erfüllen den trait „heimisch“ $\vee$ „nicht-heimisch“
 $\wedge \geq 10$ % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten
 $\wedge$ Verteilung auf ≥ 1 Pflanzenart/Zielart, davon ≤ 50 % nicht-heimische Arten die so gewählt werden, dass die Flugzeit der Zielart möglichst breit abgedeckt wird und die Differenz zur Blühperiode der heimischen, durch Analysen bestätigten Pollenquelle möglichst groß ist
 $\wedge \geq 10$ Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart $\vee$ Anzahl Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart für Versorgung ≥ 1 Brutzelle

Bei Vorauswahl Herkunft „Sorten zulassen“:

100 % erfüllen den trait „heimisch“ $\vee$ „Sorte“
 $\wedge \geq 10$ % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten
 $\wedge$ Verteilung auf ≥ 1 Pflanzenart/Zielart, davon ≤ 50 % Sorten, die so gewählt werden, dass die Flugzeit der Zielart möglichst breit abgedeckt wird und die Differenz zur Blühperiode der heimischen, durch Analysen bestätigten Pollenquelle möglichst groß ist
 $\wedge \geq 10$ Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart $\vee$ Anzahl Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart für Versorgung ≥ 1 Brutzelle

Bei Vorauswahl Herkunft „nicht heimische Arten und Sorten zulassen“:

≥ 10 % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten
 $\wedge$ Verteilung auf ≥ 1 Pflanzenart/Zielart, davon ≤ 50 % nicht-heimische Arten $\vee$ Sorten, die so gewählt werden, dass die Flugzeit der Zielart möglichst breit abgedeckt wird und die Differenz zur Blühperiode der heimischen, durch Analysen bestätigten Pollenquelle möglichst groß ist
 $\wedge \geq 10$ Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart $\vee$ Anzahl Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart für Versorgung ≥ 1 Brutzelle

Die Verwendung der artspezifischen Pollenquellen ist in Zielarten-Mischpflanzungen von elementarer Bedeutung. Das intelligente Planungswerkzeug soll, soweit möglich, den Anteil dieser Pollenquellen möglichst groß wählen, was möglich ist, wenn eine Pflanzenart neben dem trait Pollenquelle gleichzeitig auch eine andere Funktion, bspw. als Begleitart übernehmen kann. Um den Ansprüchen der Wildbienenarten an ihre Pollenquellen gerecht zu werden, muss neben Anzahl und Verteilung der Pollenquellen auch die Eignung der übrigen 90 % der verwendeten Einzelpflanzen der Zielarten-Mischpflanzungen vorzugsweise aus potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) gebildet werden. Diese potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) sollen für alle in Deutschland verbreiteten oligolektischen Wildbienenarten ermittelt werden.

Anteil und Verteilung der Pollenquellen

Mindestens 10 % der verwendeten Einzelpflanzen der Zielarten-Mischpflanzung müssen eine mögliche Pollenquelle für die Zielart oder die Zielarten sein. Der Anteil der Pollenquellen soll möglichst groß gewählt werden. Dabei sollten pro Pollenquellenart genug Einzelpflanzen für die Versorgung von mindestens einer Brutzelle, bzw. mindestens 10 Einzelpflanzen vertreten sein. So wird auch auf kleineren Flächen und bei der Wahl mehrerer oligolektischer Zielarten die Versorgung zumindest einer Brutzelle ermöglicht. Für jede Zielart muss mindestens eine Pflanzenart als Pollenquelle enthalten sein.

Mindestanzahl benötigter Pflanzen

Die bereitgestellte Pollenmenge durch die Einzelpflanze ist artspezifisch. Für die Ermittlung des Durchschnittswerts der Mindestanzahl benötigter Einzelpflanzen für die Versorgung einer einzelnen Brutzelle durch die Zielart wurden die Daten von 39 Wildbienenarten mit Sammelverhalten an 14 Pflanzenarten aus MÜLLER et al. (2006: 610), LARSSON & FRANZEN (2007: 410) und CANE et al. (2011: 406) verwendet. Die Anzahl schwankt von 0,1 bis 16,6 benötigter Einzelpflanzen für die Versorgung einer Brutzelle (Tab. 14). Im Durchschnitt werden hierfür 3,14 Einzelpflanzen genutzt. Grundsätzlich benötigen die Wildbienenarten mit steigender Körpergröße auch mehr Pollen (MÜLLER et al. 2006: 608). MÜLLER et al. (2006: 609) weisen darauf hin, dass



Abb. 70: Die oligolektisch an Dipsacaceen sammelnde Sandbiene *Andrena hattorfiana* an ihrer Hauptpollenquelle *Knautia arvensis* auf dem Schwiemelkopf im Diemeltal.

aufgrund der Pollenkonkurrenz durch andere Blütenbesucher, darunter häufig Honigbienen (MACINNIS et al. 2023: 10), nur 40 % des Pollens genutzt werden kann. Daher wird empfohlen, die Anzahl der benötigten Pollenpflanzen mit dem Faktor 2,5 zu multiplizieren. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Mindestanzahl von 7,85 benötigten Einzelpflanzen für die Versorgung einer Brutzelle. Bei Wildbienenarten, für die keine Daten zu der benötigten Anzahl der Einzelpflanzen für die Versorgung einer Brutzelle vorliegen, werden daher 10 Einzelpflanzen als Richtwert angenommen. Für die Versorgung eines Nestes oder gar einer stabilen Population liegen die Zahlen allerdings deutlich höher. Nach WESTRICH (2019) benötigt die Sandbiene *Andrena hattorfiana* für eine Population von 10 Weibchen bei einer durchschnittlichen Nestgröße von 6 Brutzellen 110 Einzelpflanzen von *Knautia arvensis* (Abb. 70). ZURBUCHEN & MÜLLER (2012: 45) gehen sogar von 156 Einzelpflanzen aus. LARSSON (2006: 22) errechnet für *Andrena marginata* bis zu 92 Individuen von *Succisa pratensis* für eine Population von nur 10 Weibchen. Das Potenzial einer urbanen Fläche für die Förderung einer Zielart ist also stark von der Flächengröße abhängig und wird zunächst vernachlässigt, da hier angenommen wird, dass sich innerhalb der artspezifischen Sammelflugdistanz weitere Flächen mit Pollenquellen befinden. Langfristig ist ein Netz aus Zielarten-Mischpflanzungen in urbanen Gebieten anzustreben, dass stabile Wildbienenpopulationen beherbergen kann.

5.2.6 Akzeptanzbildner: Gerüstbildner & Dauerblüher

Gerüstbildner:

5-8 % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen die traits („Staupe, Gesellschaftsstufe I“ v „Staupe, Gesellschaftsstufe II“ v „Gras, Gesellschaftsstufe I, horstig“)

≠ ausläufertreibend

∧ Verteilung auf 3-4 Arten, wenn keine Sorten zugelassen sind

v Verteilung auf 4-8 Arten, wenn ihre Sorten zugelassen sind

Gewichtungsverhältnis der Arten ≠

∧ ≤ 1 Art erfüllt den trait „Gras“

∧ Höhe ≥ 0,4 m

∧ ≥ 0,2 m höher als übrige Arten (≠ annuelle und bienne Begleitarten)

Dauerblüher:

≥ 2 Arten müssen von Mai bis September gleichzeitig blühen

∧ ≥ 20 % der insgesamt verwendeten Einzelpflanzen sind Dauerblüher und blühen ≥ 8 Wochen

∧ Verteilung der Dauerblüher auf ≥ 2 Arten

∧ Blütezeit der Dauerblüher verteilt auf ≥ 16 Wochen

Um die Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber artenschutzrelevanten Flächen zu gewährleisten, werden in der Zielarten-Mischpflanzung Stauden mit gestalterisch wichtigen Eigenschaften nach dem Strukturtypenaufbau der bewährten Mischpflanzungskonzepte des BdS verwendet (vgl. KIRCHER et al. 2014: 117, HEINRICH & MESSER 2012: 31). Danach erfüllen Stauden in Pflanzungen bestimmte Funktionen und geben der Pflanzung Struktur (BOUILLON et al. 2013: 75). Neben starken Akzenten und einem klaren Aufbau wird Pflanzungen vor allem durch eine lange und ausdauernde Blüte öffentliche Aufmerksamkeit geschenkt (Abb. 69, Abb. 71 und Abb. 72). Wichtige Kennzahlen und Richtwerte für die Ermittlung des Flächenanteils und die Phytodiversität dieser Strukturtypen liefern die Mengenanteile aus KIRCHER et al. (2014: 117), HEINRICH & MESSER (2012: 32) sowie die vorliegende Analyse zu den veröffentlichten Mischpflanzungen des BdS.



Abb. 71: Gravel Garden von Beth Chatto, England: Strukturstarke Gräser wie *Stipa gigantea* und *Stipa tenuissima* sowie die Dauerblüher *Perovskia atriplicifolia*, *Verbena bonariensis* und *Gaura lindheimeri* akzentuieren diese ausdrucksstarke Pflanzung.

Gerüstbildner

Die Lesbarkeit einer Pflanzung, ihre Wahrnehmbarkeit als individuelle Komposition ist maßgeblich von der Setzung starker Akzente abhängig. Das Auge erfasst zuerst dominante Pflanzenarten, die sich vom Rest der Pflanzung abheben. Solche Arten, wie aufrechte, großblättrige oder farbige Stauden bilden einzeln oder in kleinen Gruppen das Gerüst einer Pflanzung. Im besten Fall strukturieren sie die Pflanzung auch über die Vegetationsperiode hinaus und signalisieren auch im Winter, dass es sich um eine gestaltete Anlage und nicht um eine brachfallende Fläche handelt. Eine Pflanzenart ist nicht per se ein Gerüstbildner, sondern erfüllt diese Funktion in Kombination mit bestimmten anderen Pflanzenarten. In einer anderen Pflanzung kann die gleiche Pflanzenart eine andere Funktion übernehmen und eignet sich nicht als Gerüstbildner. Es liegt also keine Zuordnung zu den möglichen Funktionstypen der Pflanzenarten aus der Pflanzendatenbank von GÖTZ et al. (2024) vor, die eine Eignung einer Pflanzenart als Gerüstbildner beschreibt. Als Annäherung werden daher die Geselligkeitsstufen I und II von Hansen und Müssel (HANSEN & STAHL 2016: 62) verwendet. Demnach gehören horstig wachsende Pflanzenarten, „...deren Schönheit im Einzelstand zwischen anderen Arten vorteilhaft in Erscheinung tritt.“ (HANSEN & STAHL 2016: 62) zu Geselligkeitsstufe I. Geselligkeitsstufe II bilden weitere horstige Pflanzenarten, deren Verwendung in kleinen Trupps empfohlen wird. Durch eine zufällige Verteilung der Gerüstbildner auf der Fläche wird ein naturalistischer Effekt erzeugt. Mit einem Anteil von 5 bis 8 % gerüstbildender Pflanzenarten wird die Struktur der Zielarten-Mischpflanzung gewährleistet. Diese, im Vergleich zur Literatur niedrigere Mengenangabe und der Ausschluss ausläufertreibender Pflanzenarten wie *Kalimeris incisa* soll gewährleisten, dass die Gerüstbildner unter Berücksichtigung ihres Entwicklungspotenzials auch ab dem dritten Standjahr nicht zu viel Raum in der Pflanzung einnehmen. Die Anzahl der Gerüstbildner ist vom Lebensbereich unabhängig. Drei bis vier Arten können in einer Pflanzung als Gerüstbildner dienen. Die Reduktion auf zwei Arten als Gerüstbilder wird ausgeschlossen, um zu verhindern, dass die Struktur der Pflanzung durch den Ausfall dieser Arten verloren geht. Zu viele verschiedene

Gerüstbildner können die Pflanzung hingegen unruhig wirken lassen und den akzentuierenden Effekt schwächen. Um ein naturnahes Erscheinungsbild zu fördern, darf die Anzahl der Einzelpflanzen der verschiedenen gerüstbildenden Pflanzenarten nicht gleich und auch nicht gerade sein. Durch den Anspruch an eine Höhe der Gerüstbilder von mindestens 0,2 m über den übrigen verwendeten Pflanzenarten wird die Funktion unter Berücksichtigung der weiteren Pflanzenarten gewährleistet. Von dieser Höhenzuordnung werden annuelle und bienne Begleitarten ausgenommen, da viele wichtige Pflanzenarten wie *Verbascum* ähnlich hoch wie Gerüstbildner werden und als Füllpflanzen eine wichtige Funktion in Mischpflanzungen übernehmen. Annuelle Pflanzenarten werden als Gerüstbildner ausgeschlossen, da die Funktion über eine Vegetationsperiode hinaus sichergestellt sein muss. Aus dem gleichen Grund wird die Menge biennier Pflanzenarten als Gerüstbildner auf unter 50 % begrenzt. Gräser, vor allem die horstigen Winterstehler, sind beliebte Gerüstbildner, bieten als klassische Windbestäuber jedoch keinen Pollen für Wildbienen. Daher darf sich unter den Gerüstbildnern höchstens ein Gras befinden. Eine Mindesthöhe von 0,4 m soll gewährleisten, dass auch niedrige Zielarten-Mischpflanzungen zumindest durch die Gerüstbildner wahrgenommen und nicht durch Tritt geschädigt oder als Abstellfläche genutzt werden. In den Lebensbereichen Alpinum (A), Steinanlage (St) und Dachgarten (D) sind Pflanzenarten aufgrund ihrer Anpassung an Stress häufig von niedrigem Wuchs und bilden vielfach Polster und Matten. Anlagen dieser Lebensbereiche zeichnen sich durch ein künstliches oder natürliches Höhenrelief aus, dass auch ohne Gerüstbildner signalisiert, dass es sich um eine Pflanzfläche handelt und das Betreten unerwünscht ist. Die Differenzierung nach Funktionstypen entfällt für diese Lebensbereiche bis auf den Geophyten-Layer.

Dauerblüher und Blühgarantie

Unter den wichtigen Pollenquellen für Wildbienen finden sich zahlreiche Pflanzenarten, die vergleichsweise kurz blühen, wie die von KUPPLER et al. (2023: 5) als von Wildbienen „häufig besucht“ eingestufte heimische Pflanzenart *Potentilla verna*. Eine kurze Blütezeit wird von Wildbienen oft durch die Nutzung verschiedener Pollenquellen ausgeglichen, wie das bei polylektischen Wildbienenarten der Fall ist. Doch auch oligolektische und streng oligolektische Wildbienenarten nutzen kurz blühende Pflanzenarten als Pollenquellen, wie *Andrena curvungula*, *Andrena pandellei*, *Chelostoma rapunculi*, *Dufourea dentiventris*, *Lasioglossum costulatum* und *Osmia mitis*, die nach WESTRICH (2019: 372) an *Campanula glomerata* sammeln, die zwischen Juni und Juli, im Bestand aber recht einheitlich nur wenige Wochen blüht (Abb. 72). Diese Wildbienenarten nutzen neben *Campanula*

glomerata weitere Campanulaceen, deren Blütezeit in den Sammelzeitraum der jeweiligen Wildbienenart fällt. Eine lange, ausdauernde Gesamtblüte steigert aber die Akzeptanz für wildbienenengerechte Mischpflanzungen in der Bevölkerung. Um neben kürzer blühenden Pflanzenarten, die als Pollenquellen berücksichtigt werden, auch andauernde, stabile Blühakzente zu setzen, sollen mindestens 20 % der insgesamt verwendeten Einzelpflanzen Dauerblüher sein und nach eigener Definition wie *Salvia nemorosa* mindestens acht Wochen blühen (Abb. 72). Dieses Kriterium sollten mindestens zwei Pflanzenarten erfüllen, die einen Zeitraum von mindestens 16 Wochen der Vegetationsperiode abdecken. Das entspricht der Dauer der Hauptvegetationsperiode von Mai bis August.



Abb. 72: Der Dauerblüher und Gerüstbildner *Salvia nemorosa* 'Caradonna' blüht als klassischer Dauerblüher viele Wochen im Juni und Juli und remontiert nach einem Rückschnitt im August zuverlässig, während viele Begleitstauden wie *Campanula glomerata* vergleichsweise kurz blühen. Beide Pflanzenarten gehören nach WESTRICH (2019) zu den durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) polylektischer Wildbienenarten. Die wichtige Pollenquelle *Potentilla verna* fungiert in dieser Pflanzung als Bodendecker.

5.2.7 Begleitarten

Lebensbereiche SH, D, S, Fr₁₋₃, B₁₋₃:
 30-60 % der insgesamt verwendeten
 Einzelpflanzen erfüllen den trait
 „Geselligkeitsstufe I“ v „Geselligkeitsstufe II“
 ∧ Verteilung auf 7-9 Arten
 ∧ ≥ 50 % Arten erfüllen den trait „Stauden“
 ∧ ≥ Höhe 0,3 m

Lebensbereiche G₁₋₃, GR₁₋₃:
 30-60 % der insgesamt verwendeten
 Einzelpflanzen erfüllen den trait
 „Geselligkeitsstufe I“ v „Geselligkeitsstufe II“
 ∧ Verteilung auf 5-7 Arten
 ∧ ≥ 50 % Arten erfüllen den trait „Stauden“
 ∧ ≥ Höhe 0,3 m

Der Funktionstyp Begleitstauden bildet die Grundlage für die wirkungsstarken Gerüstbildner (vgl. HEINRICH & MESSER 2012: 32, BOUILLON et al. 2013: 75). Begleitstauden definieren durch wiederholende Elemente den visuellen Charakter einer Pflanzung und bieten auch außerhalb ihrer Blütezeit attraktives Laub (Abb. 73). Diese Funktion kann in einer Zielarten-Mischpflanzung zusätzlich auch von annuellen und biennen Pflanzenarten übernommen werden, weshalb

hier bewusst der Begriff Begleitarten verwendet wird. Mit einem Mengenanteil von 30 bis 60 % der insgesamt verwendeten Pflanzen liegt der Anteil über den in der Literatur empfohlenen Mengenanteilen, da hier der empfohlene Mengenanteil der Füllpflanzen mit 10 % zugeschlagen wird. Die Funktion dieser sich versammelnden kurzlebigen Ruderalstrategen wird von den zusätzlich zugelassenen annuellen und biennen Pflanzenarten erfüllt.

Begleitarten bestimmen die Erscheinung der Zielarten-Mischpflanzung maßgeblich und bieten Spielraum für die Verwendung weiterer wichtiger Pollenquellen. Neben Pflanzenarten der Geselligkeitsstufe I, die sich bei der Verwendung als Begleitart (im Gegensatz zu Gerüstbildnern) nicht durch eine Höhendifferenz auszeichnen, eignen sich auch Pflanzenarten der Geselligkeitsstufen II, die mit einem geringen Ausbreitungsdrang noch als verträglich gelten. Um die Lesbarkeit der Pflanzung und einen gewissen Rhythmus zu gewährleisten wird die Anzahl der Arten dieses Funktionstyps auf fünf bis neun begrenzt, wobei mindestens die Hälfte der Arten Stauden sein sollten, um die Dynamik der Pflanzung im Sukzessionsverlauf mehrerer Jahre zu verringern.

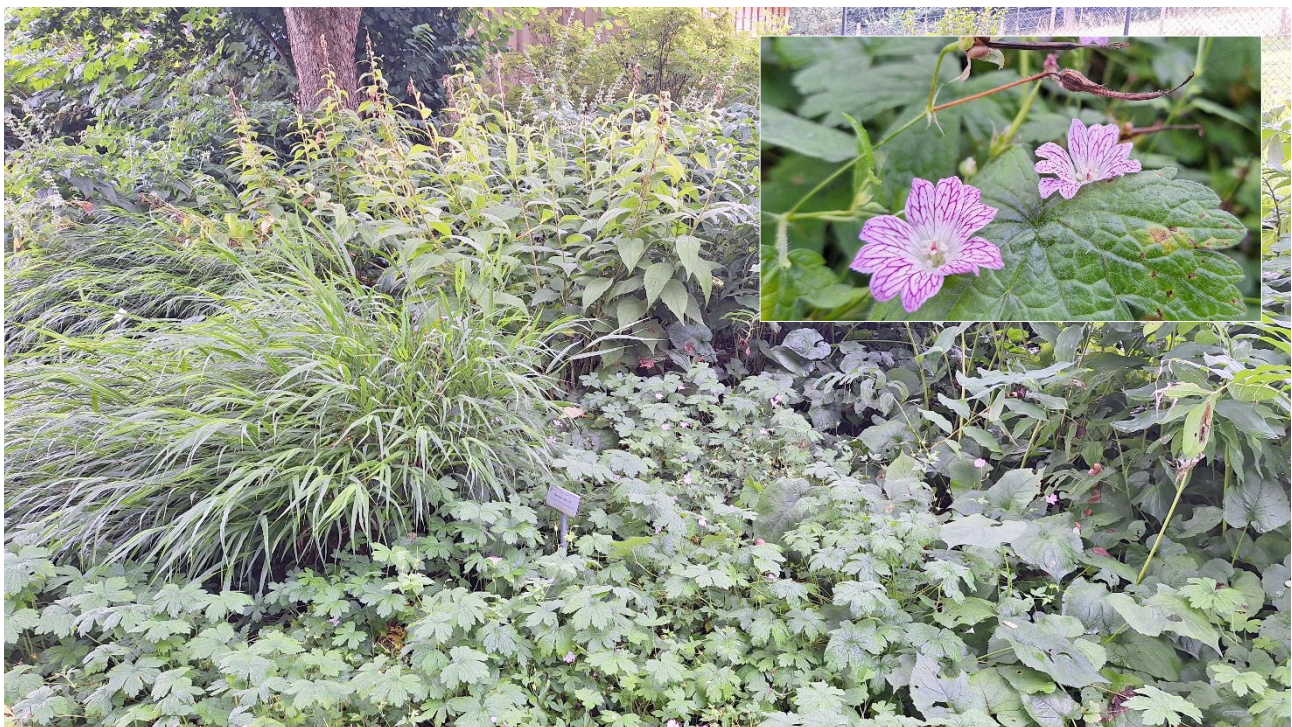


Abb. 73: Die Mischpflanzung *Schattengeflüster* im Botanischen Garten Höxter 2024; Auch im blütenarmen August überzeugt die Begleitstauden *Geranium versicolor* mit gesundem Laub und schiebt noch immer einzelne zarte Blüten.

5.2.8 Bodendecker

Lebensbereiche SH, D, S, Fr₁₋₃, B₁₋₃:

≥ 35 % der insgesamt verwendeten Einzelpflanzen erfüllen den trait „Geselligkeitsstufe II“ v „Geselligkeitsstufe III“
 ∧ Verteilung auf ≥ 5 Arten
 ∧ ≥ 80 % Arten erfüllen den trait „Staude“ v „Halbstrauch“
 ∧ < 20 % Arten erfüllen trait „Annuelle“ v „Bienne“
 ∧ Höhe ≤ 0,4 m
 ∧ ≥ 1 Zielarten endogäisch nistend, dann Pflanzabstand Bodendecker +20 %

Lebensbereiche G₁₋₃, GR₁₋₃:

≥ 35 % der insgesamt verwendeten Einzelpflanzen erfüllen den trait „Geselligkeitsstufe II“ v „Geselligkeitsstufe III“ ∧ Verteilung auf ≥ 3 Arten
 ∧ ≥ 80 % Arten erfüllen den trait „Staude“ v „Halbstrauch“
 ∧ < 20 % Arten erfüllen trait „Annuelle“ v „Bienne“
 ∧ Höhe ≤ 0,4 m
 ∧ ≥ 1 Zielarten endogäisch nistend, dann Pflanzabstand Bodendecker +20 %

Bodendecker füllen die Pflanzung in höherer Stückzahl und daher oft niedrigen Pflanzabständen zwischen Gerüstbildnern und Begleitarten. Mit einer maximalen Höhe von 0,4 m kommen hierfür nach HEINRICH & MESSER (2012: 32) vor allem kleinere Stauden in Frage. Durch einen zulässigen Anteil bis 20 % annueller und biennier Arten kann die Funktion des Bodendeckens auch von niedrigen Annuellen wie *Campanula barbata* oder *Campanula sibirica* erfüllt werden, die potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) für streng oligolektisch an der Gattung *Campanula* sammelnde Wildbienen sind. Diese Arten sind oft in Geselligkeitsstufe III zu finden. Da sich solche Arten nicht vegetativ ausbreiten, wie das bei bodendeckenden Stauden der Geselligkeitsstufen IV der Fall ist, verbleibt hier offener Boden, der endogäisch nistenden Wildbienen als Nistraum zur Verfügung steht oder die Versammlung und damit die Etablierung der annuellen und biennen Ruderalstrategen begünstigt. Um die Dynamik der Zielarten-

Mischpflanzung zu begrenzen, werden die übrigen Bodendecker aus den Stauden gewählt. Um bodennistenden Wildbienenarten als Zielarten gerecht zu werden, sollen die Pflanzabstände der Bodendecker für solche Zielarten um 20 % erhöht werden, sodass temporär offene Bodenstellen verbleiben.

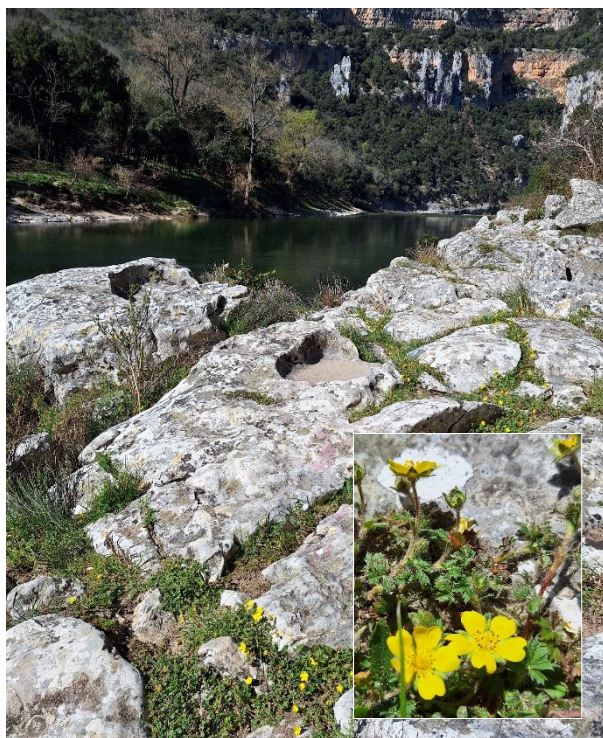


Abb. 74: *Potentilla verna* zwischen Kalkfelsen an der Ardèche in Frankreich: Der genügsame Bodendecker der Geselligkeitsstufe II ist in Europa weit verbreitet. Neben der oligolektisch auf die Gattung *Potentilla* spezialisierten *Andrena potentillae* sammeln hier 29 weitere Wildbienenarten Pollen (WESTRICH 2019: 387).



Abb. 75: *Hieracium pilosella* bildet oberirdische Ausläufer und ist Geselligkeitsstufe II zugeordnet. Der Dauerblüher gedeiht auf leicht kalkfreien trockenen Böden der Freifläche (Fr), Steinanlage (St) oder in Heiden. Die Pflanzenart ist nach WESTRICH (2019: 331) Pollenquelle für mindestens neun oligolektischen und 23 polylektische Wildbienenarten.

5.2.9 Frühjahrsgeophyten

25-50 Stück/m²

Λ Verteilung auf ≥ 3 Arten

Λ erfüllen den trait „Zwiebel“ v „Knolle“

Λ Blütezeit März - Mai ≥ 1 Art

Frühjahrsgeophyten überdauern die ungünstige Jahreszeit in einem unterirdischen Überdauerungsorgan, meist einer Zwiebel oder einer Knolle. Da sie als klassische Frühblüher zeitig austreiben, ihren Vegetationszyklus innerhalb weniger Wochen abschließen und zu Beginn der Sommertrockenheit bereits wieder eingezogen sind, erfüllen sie während der übrigen Vegetationsperiode keine Funktion innerhalb der Zielarten-Mischpflanzung und bleiben in den Berechnungen der Mengenangaben und Stückzahlen unberücksichtigt. Durch ihre frühe farbenfrohe Blüte und die oft erstaunliche Genügsamkeit sind sie bei Menschen als Frühlingsboten beliebt. Durch die Bereitstellung von Pollen und vor allem Nektar bereits ab Februar sind Frühjahrsgeophyten für früh fliegende Wildbienen wie *Anthophora plumipes* und von enormer Bedeutung (Abb. 76).

Ihre Wirkung in der Pflanzung kommt vor allem bei der Verwendung in Tuffs zwischen den frisch austreibenden Stauden zur Geltung. Im Gehölzschatten sind standortgemäß während des Sommers weniger Blüten zu erwarten. Viele in der Verwendung beliebte Pflanzenarten, darunter zahlreiche Geophyten, nutzen die periodisch wiederkehrende Zeit vor dem Laubaustrieb der Gehölze zum Blühen und Fruchten und verwandeln die im Sommer vor allem grünen Flächen während des Frühjahrs in ein wahres Farbenmeer. Das Sortiment bietet viele Arten wie *Muscari*, die zum Verwildern neigen und sich an einem zusagenden Standort bereitwillig versamen. Bei empfohlenen Mengen von 25 bis 50 Stück/m² sollten mindestens drei Pflanzenarten verwendet werden, wobei eine Blüte von März bis Mai gewährleistet sein muss. Obwohl die Anzahl verwendeter Pflanzenarten in den Analysen der Mischpflanzungen vom Lebensbereich abhängt, wird hier nicht nach Lebensbereich differenziert, da die Zielarten-Mischpflanzungen durch die Mindestangaben der Funktionstypen Bodendecker und Frühjahrsgeophyten bis zur definierten Gesamtartenzahl aufgefüllt werden.



Abb. 76: Botanischer Garten Würzburg im April: *Ornithogalum nutans* ist ein heimischer Frühjahrsgeophyt, der sich gut verwildern lässt und früh fliegenden Wildbienenarten wie *Anthophora plumipes* Nektar und Pollen bietet. Quelle: M. LOHR

5.2.10 Farbgestaltung

warme Pflanzung aus Blütenfarben:

Rot $\vee$ Orange $\vee$ Gelb $\vee$ Braun $\vee$ Grün
 $\vee$ Weiß

kühle Pflanzung aus Blütenfarben:

Blau $\vee$ Türkis $\vee$ Lila $\vee$ Grün $\vee$ Weiß

Bunte Pflanzung aus Blütenfarben:

(Blau $\vee$ Grün $\vee$ Weiß $\vee$ Türkis $\vee$
 $\neg$ (Orange $\wedge$ Lila) $\vee$ $\neg$ (Gelb $\wedge$ Lila) $\vee$
 $\neg$ (Rot $\wedge$ Lila))
 $\vee$ (Blau $\vee$ Grün $\vee$ Weiß $\vee$ Türkis $\vee$
 $\neg$ (Lila $\wedge$ Orange) $\vee$ $\neg$ (Lila $\wedge$ Gelb) $\vee$
 $\neg$ (Lila $\wedge$ Rot))

RGB-Farbraum: 0-255

Rot: (R > 150, G < 100, B < 100)
Orange: (R > 200, G > 100, B < 50)
Gelb: (R > 200, G > 200, B < 100)
Braun: (R > 100, G < 100, B < 100)
Grün: (R < 100, G > 150, B < 100)
Weiß: (R > 200, G > 200, B > 200)
Blau: (R < 100, G < 100, B > 150)
Türkis: (R < 100, G > 150, B > 150)
Lila: (R > 100, G < 100, B > 150)

Im Lauf der Geschichte der Pflanzenverwendung haben sich, inspiriert durch die Kunstgeschichte, immer wieder verschiedenste Farbkonzepte entwickelt, die stets von einer scheinbar moderneren Farbverwendung ersetzt wurden. So beschreibt KÜHN (2011: 149), wie Karl Foerster „fragwürdiges Blaurot“ und ebenso alles „unreine Violett“ beiseiteließ und warnte, man solle allzu große Nähe von „Lilarot“ mit „derbem Gelb“ vermeiden und nicht an Weiß sparen, während die durch den Impressionismus inspirierte Gartenkünstlerin Gertrude Jekyll wie William Turner mit Licht und Farben auf Leinwand in der Erde mit Pflanzen malen wollte (WEBER 2024). Geschickt nutzte Jekyll Farbverläufe und originelle Kompositionen, um Harmonien und Kontraste zu schaffen, und prägte mit ihrem Stil die Farbgestaltung der Pflanzenverwendung nachhaltig. Heutzutage scheinen fast alle Farbkombinationen möglich, und dennoch finden bestimmte Farbkombinationen und zeitliche Abfolgen eher das Gefallen der breiten Bevölkerung als andere. Um einen Versuch der

Annäherung an farbliche Ordnung zu wagen, werden aus den nach Erfüllung aller vorherigen Konditionen verbliebenen Pflanzenarten entweder Mischpflanzungen warmer Farbtöne, kalter Farbtöne oder aus bunten Blütenfarben konzipiert, in denen sich allerdings Lila bzw. Pink und Gelb, Orange und Rot zumindest zeitlich ausschließen (Abb. 78 und Abb. 79). Diese Farbkombinationen gelten als schwierig, können jedoch unter Berücksichtigung von Farbton, Blütenform, Blattfarbe, Struktur und Textur sowie geschickt gewählter Begleitstauden kunstvoll kombiniert werden und begeistern nicht selten, wie die britische Gartendesignerin Ann-Marie Powell 2016 mit ihrer Pflanzung „Greening Grey Britain“ bewies. Hier kombinierte Powell das kräftige Orange von *Geum* mit zartem rosa von *Lychnis flos-cuculi* und *Allium altissimum* 'Goliath', die in einer Wiese aus zarten Gräsern und Stauden harmonisierten. Nicht selten gestaltet die Natur ohnehin mit und so manche Wanderer im Garten wie *Verbascum*, *Digitalis purpurea* oder *Knautia macedonica* schleichen sich in das detailverliebte Farbkonzept und setzen Akzente, die der Leitidee oft gar nicht schaden und schöner nicht hätten erdacht werden können (Abb. 77). Hier sei also zu Gelassenheit geraten, besonders in dauerhaften Pflanzungen, denen wir ohnehin eine gewisse Dynamik zugestehen müssen und durch jährliche Pflegegänge immer neue Entscheidungen treffen können.



Abb. 77: Staudenmischpflanzung in farbllichem Dreiklang aus Blau, Silber und Rot mit *Nepeta x fassennii*, blauen Sorten der hohen *Iris barbata*, *Papaver orientale* und vielen silberlaubigen Stauden wie *Stachys byzantina*, die von einer Welle bezaubernder Fingerhüte überschwemmt werden.



Abb. 78: Frisches Gelb läutet am 18. April 2024 den Frühling ein: Eine Mischpflanzung kann durch zeitlich gestaffelte Schwerpunkte in der Blütenfarbe jahreszeitlich unterschiedliche Akzente setzen. *Euphorbia cyparissias* und *Euphorbia myrsinites* umspielen die lilienblütige Tulpe 'Flashback' und die Iris 'Cache of Gold' der *barbata-nana*-Gruppe.



Abb. 79: Zartes Lila und silberne Laubfarbe am 11. Mai 2024: Nur wenige Wochen später ist das Gelb vergrünt und ruhigeren Farben gewichen. *Allium schoenoprasum* und *Thymus longicaulis* ssp. *odoratus* zieren die Steinmauer, während die ersten hohen Bartiris mit *Veronica gentianoides* Spalier stehen. Silberlaubige Stauden betten die kühlen Töne ebenso harmonisch ein, wie zuvor das frische Gelb.

5.3 Voreinstellungen

Dem Anwender soll zunächst ein Auswahlmenü mit Voreinstellungsmöglichkeiten angeboten werden, die ohne ökologische Kenntnisse und mit zusätzlich angebotener Information über Informationsbuttons bspw. den Standort und damit den Pool an Pflanzenarten eingrenzen und damit die am jeweiligen Standort tatsächlich förderfähigen Wildbienenarten herausfiltern, die an diesen Pflanzenarten Pollen sammeln können (Tab. 13, Anhang). Diese Wildbienenarten werden als Zielarten bezeichnet, da ihre Pollenquellen bei der Zusammensetzung der Mischpflanzung priorisiert werden. Dem Anwender soll nach der Abfrage der Standortparameter die Auswahl von Zielarten ermöglicht werden. Alle Weiterentwicklungen bestehender Konzepte sind als konstruktive Vorschläge zu verstehen und können prozessorientiert angepasst werden.

Infobuttons

Um den Anwender bei der Wahl der Voreinstellungen zu unterstützen, soll Information leicht zugänglich zur Verfügung gestellt werden. Nicht allgemeingebräuchliche Begriffe und Inhalte wie „Lebensbereich“ oder „Winterhärte“ werden dafür mit Infobuttons versehen. Durch einen Mausklick auf den Infobutton öffnet sich ein Fenster mit informativem Inhalt aus Grafiken und Texten.

Voreinstellungen

1	Flächengröße
2	Winterhärte
3	Lebensbereich
4	pH-Wert
5	Zielhöhe der Pflanzung
6	Giftige Pflanzen
7	Herkunft
8	Bundesland
9	Zielarten

Zielarten-Mischpflanzung



Abb. 80: Blühende Terrassen aus Kalkfelsen bei Casteljaloux in Südfrankreich: natürliche Vegetationsgesellschaften der Felsbänder inspirieren unsere urbanen Dachgärten. Pflanzenarten der Gattung *Sedum* oder *Hieracium* finden auf unseren Dächern ähnliche Standortbedingungen vor, wie an ihrem natürlichen Wuchsort.



Abb. 81: Die extensive Dachbegrünung auf dem Flachdach der TH OWL Höxter mit *Sedum kamtschaticum* var. *ellacombianum* und den für eine Vielzahl polylektischer Wildbienenarten durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) *Sedum spurium*, *Sedum acre* und *Sedum album* entwickelt sich seit vielen Jahren ungestört. Trockenstress und Sonneneinstrahlung fördern die rote Laubfarbe der Crassulaceen und kontrastieren zu den gelben Blütenfarben.

5.3.1 Flächengröße

Dialogfeld und Infobutton

Flächengröße: m²

Geben Sie bitte ihre ungefähre Flächen-
größe für die Ermittlung der Anzahl der
Einzelpflanzen an.

In Abhängigkeit von der Flächengröße wird die Mindestartenzahl und die maximale Artenzahl für eine Zielarten-Mischpflanzung festgelegt. Die ausgegebene Zielarten-Mischpflanzung führt für jede Pflanzenart die berechneten Mengenangaben auf.

5.3.2 Winterhärte

Dialogfeld und Infobutton

Winterhärte:

- ☐ WHZ 7 Vororte / kühle Regionen
- ☐ WHZ 8 Innenstädte / Weinbauklima

Wählen Sie WHZ 7, wenn Sie in Vororten oder ungünstigen Lagen außerhalb der Innenstädte oder im Bergland sowie kühlen Regionen pflanzen.

Wählen Sie WHZ 8, wenn Sie im Innenstadtbereich, in klimatisch begünstigten Lagen oder Weinbauregionen wohnen. Die beigefügte Winterhärtezonenkarte hilft Ihnen bei der großräumigen Einordnung ihrer Region, berücksichtigt jedoch nicht das abweichende Innenstadtklima.

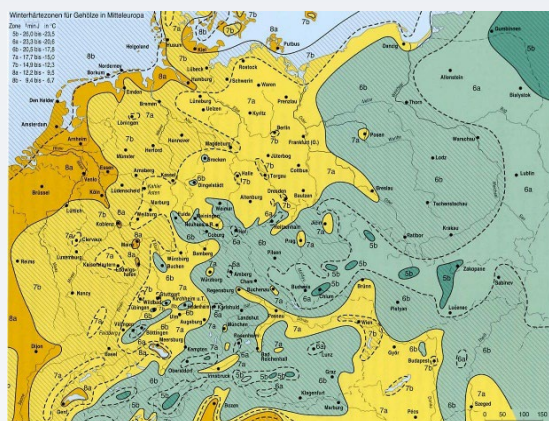


Abb. 82: Winterhärtezonenmodell für Deutschland aus HEINZE & SCHREIBER (1984).

Um zu gewährleisten, dass alle Pflanzenarten ausreichend winterhart sind, werden die Winterhärtezonen nach HEINZE & SCHREIBER (1984) berücksichtigt. Demnach werden in Vororten und bekanntermaßen ungünstigen Lagen der Mittelgebirge nur Pflanzenarten verwendet, die mindestens für Winterhärtezone 7 gelistet sind, was bedeutet, dass sie einen durchschnittlichen Winter mit einem mittleren jährlichen Minimum der Lufttemperatur von -17,7 bis -12,3 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % überstehen (vgl. HEINZE & SCHREIBER 1984). Das Mesoklima weicht in den Innenstadtbereichen stark vom Umland ab. Neben Abgasen und verminderter Kaltluftzufuhr, trägt auch die Wärmerückstrahlung von Gebäuden maßgeblich zu höheren Temperaturen und insbesondere geringeren Temperaturminima bei. Für Innenstadtbereiche und gemäßigte Lagen wie Weinbauklima können daher Pflanzenarten verwendet werden, die für Winterhärtezone 8 gelistet sind, was bedeutet, dass sie einen durchschnittlichen Winter mit einem mittleren jährlichen Minimum der Lufttemperatur von -12,3 bis -6,7 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % überstehen (vgl. HEINZE & SCHREIBER 1984). Das Winterhärtezonenmodell befindet sich aufgrund der klimawandelbedingten Veränderungen der hier maßgeblichen Parameter bereits in Revision und es ist mit einer aktualisierten Karte für Deutschland zu rechnen.

5.3.3 Lebensbereich

Dialogfeld und Infobutton

Lebensbereich:

- ☐ Freifläche trocken (Fr₁)
- ☐ Freifläche frisch (Fr₂)
- ☐ Freifläche feucht (Fr₃)
- ☐ Steppenheide (SH)
- ☐ Dachgarten (D)
- ☐ Schwammstadt Versickerung (SV₁₋₃)
- ☐ Schwammstadt Retention (SR₁₋₃)
- ☐ Beet trocken (B₁)
- ☐ Beet frisch (B₂)
- ☐ Beet feucht (B₃)
- ☐ Gehölzrand trocken (GR₁)
- ☐ Gehölzrand frisch (GR₂)
- ☐ Gehölzrand feucht (GR₃)
- ☐ Gehölz trocken (G₁)
- ☐ Gehölz frisch (G₂)
- ☐ Gehölz feucht (G₃)
- ☐ Steinanlage trocken (St₁)
- ☐ Steinanlage frisch (St₂)
- ☐ Steinanlage feucht (St₃)
- ☐ Alpinum (A)

Aus dem Konzept der Lebensbereiche (HANSEN & STAHL 1981; BORCHARDT 1998: 238), werden für die Einteilung der urbanen Standorte die sieben Lebensbereiche Freifläche (Fr), Steppenheide (SH), Beet (B), Gehölzrand (GR), Gehölz (G), Steinanlage (St) und Alpinum (A) aufgegriffen. Als Antwort auf fortschreitende Trends im urbanen Grün mit der Schaffung von Sonderflächen zur Klimamelioration wird das Konzept der Lebensbereiche um die urbanen Lebensbereiche Dachgarten (D) und Schwammstadt (S) erweitert (Abb 76 und Abb. 77).

Diese, für das intelligente Planungswerkzeug ausgewählten Lebensbereiche decken die häufigsten Standortsituationen in urbanen Räumen ab. Da das Konzept der Lebensbereiche für fachfremde Planer abstrakt ist, wird neben beschriebenen Piktogrammen auch ein dichotomer Bestimmungsschlüssel basierend auf den Arbeiten von KÜHN (2011: 302) angeboten (Tab. 3). Der um die neuen Lebensbereiche erweiterte und gleichzeitig um gewässerassoziierte Lebensbereiche reduzierte Bestimmungsschlüssel ermöglicht eine systematische Zuordnung häufiger urbaner Lebensbereiche ohne Vorkenntnisse. Bei Ökotonen, also Flächen, die bspw. vom Gehölzrand in eine Freifläche übergehen oder großen Flächen, die sowohl frischere als auch trockenere Bereiche aufweisen, ist eine Mehrfachauswahl der Lebensbereiche möglich. Durch die Zuordnung der Pflanzenarten zu den einzelnen Lebensbereichen mit der Differenzierung nach der Bodenfeuchte sind die Informationen über die Strategietypen von GRIME (1977) bereits erfasst. Die Beschreibung der Lebensbereiche wurde aus BOUILLON et. al (2013: 60) nach GÖTZ et. al (2011) teilweise übernommen und angepasst. Die Originalpiktogramme stammen von Martin Haberer und wurden aus BOUILLON et. al (2013: 60) abfotografiert. Elemente der Piktogramme wurden in den neuen Lebensbereichen Dachgarten (D) und Schwammstadt (S) exemplarisch eingefügt. Die neuen Lebensbereiche werden im Anschluss an die Infobuttons gesondert beschrieben (vgl. S. 91f).

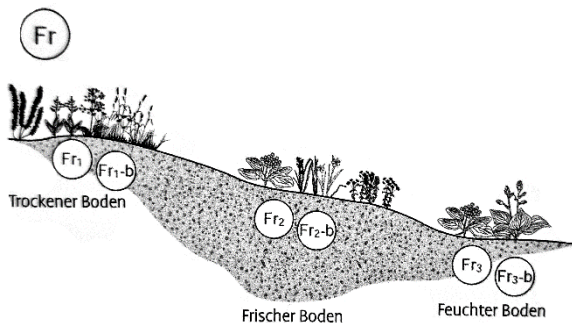
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Freifläche (Fr)

Offene, baum- und strauchfreie Standorte, auch an Gebäuden; gelegentliches Vorkommen von Einzelgehölzen.

- » Natürliche Vorbilder:
Hochstaudenfluren, Wiesen, Magerrasen, Heiden, Prärien



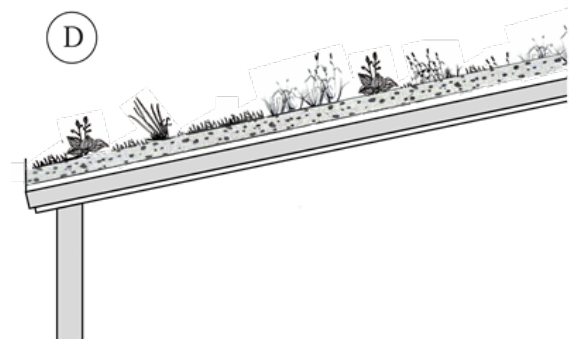
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Dachgarten (D)

Sonnenexponierte oder absonnige Dachflächen mit einem Neigungswinkel bis 45 ° und einer Substratauflage von 4 bis 20 cm mit technischem Aufbau für Dachbegrünung (HERFORT & PFLANZ 2021: 7;10).

- » Natürliche Vorbilder:
Felsbänder und Felsterrassen, Trockenrasen



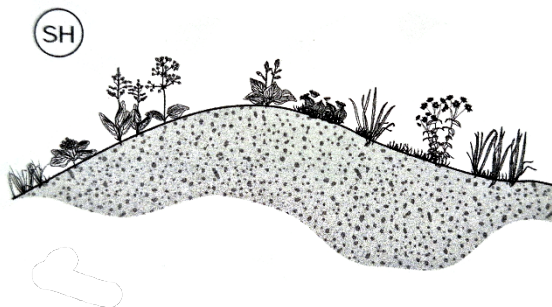
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Steppenheide (SH)

Sonnenexponierte, warme Standorte mit sommertrockenen, basenhaltigen, schottrigen, lehmigen Böden.

- » Natürliche Vorbilder:
Kalkmagerrasen, Grassteppen



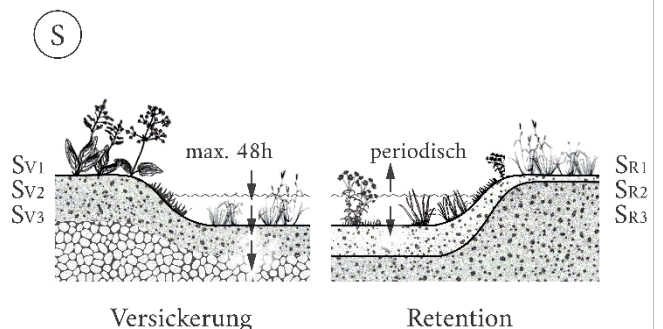
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Schwammstadt (S)

Trockenfallende Versickerungsmulden sowie wechselfeuchte Retentionsmulden unter Bodenniveau, die periodisch Niederschläge aus dem Straßenraum aufnehmen und wieder trockenfallen.

- » Natürliche Vorbilder:
Trockenfallende Kiesbänke mediterraner Flüsse, wechselfeuchte Auen, nasse Wiesen und Sümpfe



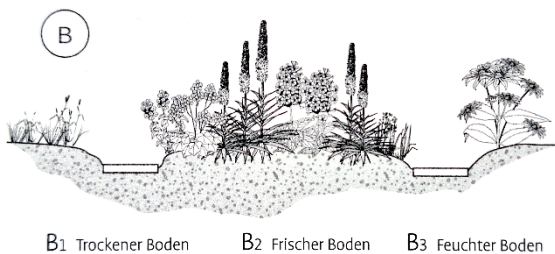


Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Beet (B)

Meist frische, nährstoffreiche, tiefgründige Böden; häufig sonnig; für anspruchsvolle, züchterisch bearbeitete Stauden. Übergänge zu den Lebensbereichen Freiflächen und Gehölzrand möglich, erfordert einen hohen Pflegeaufwand.

» Natürliche Vorbilder:
Subalpine Hochstaudenfluren

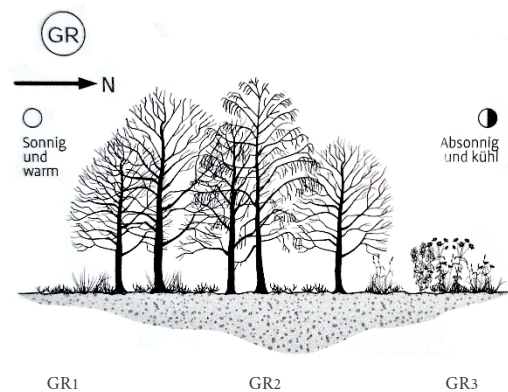


Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Gehölzrand (GR)

Standorte am Rande von Gehölzen und zwischen lichten Gehölzgruppen sowie unter größeren Einzelgehölzen oder an Gebäuden, im Übergangsbereich der Lebensbereiche Gehölz und Freifläche; wechselnde Besonnung. Unterscheidung von offenem und geschlossenem Gehölzrand: je nach Exposition sonnig-warm oder absonnig-kühl.

» Natürliche Vorbilder:
Waldsaumgesellschaften,
Steppenheidewälder, Baumsavannen



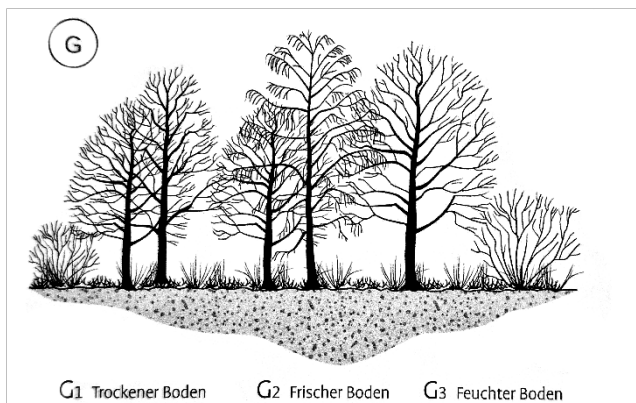
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Gehölz (G)

Standorte im Inneren von kleinen und großen Gehölzgruppen, waldartig gepflanzten Parkgehölzen oder auch im tiefen Schatten eines Gebäudes oder Innenhofes; trocken-warm bis kühl-feucht; humusreiche Böden; im Frühling lichtdurchflutet, im Sommer trockener und dunkler. Idealer Standort für viele Frühjahrsgeophyten vor dem Laubaustrieb der Gehölze. Erhöhte Konkurrenz bei Bepflanzung unter eingewachsenen Gehölzen.

» Natürliches Vorbild:
Krautschicht in Wäldern



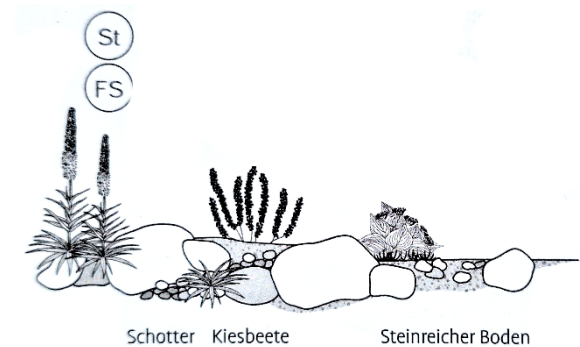
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Steinanlage (St)

Standorte mit skelettreichen Böden oder eingebauten Steinen, z. B. Kies, Schotter und Mineralgemisch; architektonische Steinanlagen wie Mauern oder Gabionen; Standorte mit hoher Wasserdurchlässigkeit.

» Natürliche Vorbilder:
Felsvegetation, Blockschutthalden, Schuttfluren



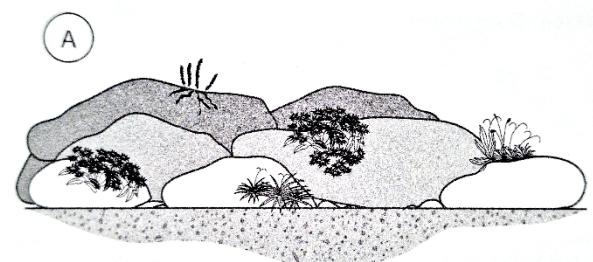
i

Wählen Sie einen Lebensbereich in einer oder mehreren Bodenfeuchtestufen

Alpinum (A)

Kleinräumige, durch Steine begrenzte Standorte für langsam wachsende, konkurrenzschwache und anspruchsvolle Pflanzenarten, die Winterschutz durch eine Schneedecke benötigen; an kurze Vegetationsperioden angepasst, geeignet für Tröge und kleinste Flächen.

» Natürliche Vorbilder:
Alpine Pflanzengesellschaften der Hochgebirge



Tab. 3: Bestimmungsschlüssel für die urbanen Lebensbereiche des intelligenten Planungswerkzeugs basierend auf den Arbeiten von KÜHN (2011: 203), verändert GABLER (2024).

Bestimmungsschlüssel für die urbanen Lebensbereiche		
1a	zumindest zum Teil oder zu bestimmten Tageszeiten beschattete Fläche; mit Sträuchern oder Bäumen bestanden oder im Schatten von angrenzenden Sträuchern, Bäumen und Gebäuden	10
1b	ohne Schatten, ungehindert der Sonne ausgesetzt	2
2a	Boden periodisch mit Wasser bedeckt, mit oder ohne tiefer liegendem Retentionsraum	Schwammstadt (S)
2b	feucht, frisch oder trocken, mit oder ohne an der Oberfläche stehendem Wasser	3
3a	frischer oder feuchter Boden	8
3b	trockener, mitunter steiniger oder sandiger Boden, Hanglage, Fels, Trockenmauer oder Dach	4
4a	Bodengebundene Fläche mit gewachsenem Boden oder Rückverfüllung von Mutterboden oder Austauschsubstrat	5
4b	Dachoberfläche mit Aufbau für Substratschicht	Dachgarten (D)
5a	Bodenoberfläche mit großen Steinen durchsetzt, mitunter auch nur mit Kies oder Splitt überdeckt	7
5b	trockener, auch steiniger, lehmiger oder sandiger bis frischer, tiefgründiger Boden	6 Freifläche (Fr)
6a	extrem trockener, steiniger, mit Kalksteinen durchsetzter Boden, pH-Wert im alkalischen Bereich	Steppenheide (SH)
6b	trockener, lehmiger oder sandiger, auch humusreicher, tiefgründiger aber nicht steiniger und kalkreicher Boden, pH-Wert schwach sauer bis schwach alkalisch	Freifläche trocken (Fr1)
7a	Steinbeet, Trog oder Felsen mit minimalen Zwischenräumen zum Bepflanzen, Felsspalten und Löcher	Alpinum (A)
7b	naturnah anmutender Bereich, stark mit Felsen oder Steinen durchsetzt oder mit Kies überschüttet aber mit größeren Zwischenräumen zum Bepflanzen	Steinanlagen (St)
8a	feuchter Boden mit Anschluss an Retentionsfläche, periodisch überflutet	Schwammstadt (D)
8b	frischer bis feuchter Boden ohne Anschluss an offene Wasserfläche oder Retentionsfläche	9
9a	frischer Boden	Freifläche frisch (Fr2)
9b	feuchter Boden durch Übersickerung oder infolge von Wasserstau ohne periodische Überflutung	Freifläche feucht (Fr3)
10a	zumindest zeitweise Beschattung durch Baulichkeiten oder sonnen abgewandte Exposition	11
10b	zumindest zeitweise Beschattung durch Bäume oder Sträucher	12
11a	Beschattung durch Gebäude oder andere Baulichkeiten	9 Freifläche absonnig (Fr)
11b	naturnah anmutender Bereich, stark mit Felsen oder Steinen durchsetzt oder mit Kies überschüttet aber mit größeren Zwischenräumen zum Bepflanzen,	Steinanlagen absonnig (St)
12a	Flächen unter Bäumen und Sträuchern	16
12b	Flächen durch umgebende Gehölze zumindest zeitweise beschattet, nicht direkt durch Zweige und Laub überdeckt	13 Gehölzrand (GR)
13a	Gehölze im Norden, Fläche nach Süden exponiert, heiß, zeitweise austrocknend	Gehölzrand trocken und sonnig (GR1)
13b	Fläche nicht nach Süden exponiert und nicht trocken	14
14a	Fläche nach Norden exponiert, frisch bis feucht	Gehölzrand schattig und frisch bis feucht (GR2-3)
14b	Fläche weder sonnig und trocken noch beschattet und feucht	15
15a	Fläche eher trocken, häufiger beschattet als besonnt	Gehölzrand schattig und trocken (GR1)
15b	Fläche eher frisch bis feucht, häufiger besonnt als beschattet	Gehölzrand sonnig und frisch bis feucht (GR2-3)
16a	Fläche periodisch überschwemmt, Retentionsfläche	Schwammstadt halbschattig bis schattig (S)
16b	Fläche nicht dauerhaft oder zeitweise überschwemmt	17 Gehölz (G)
17a	Boden trocken	Gehölz trocken (G1)
17b	Boden frisch oder feucht	18
18a	Boden frisch	Gehölz frisch (G2)
18b	Boden feucht	Gehölz feucht (G3)

Lebensbereich Dachgarten (D)

Sonnenexponierte oder absonnige Dachflächen mit einem Neigungswinkel bis 45° können mit Vegetationstragschichten von 4 bis 20 cm und technischem Aufbau für Dachbegrünung erfolgreich extensiv begrünt werden (HERFORT & PFLANZ 2021: 7 u.10; SCHRÖDER et al. 2021: 11; FFL 2018). Natürliche Vorbilder dieser Sonderstandorte sind beispielsweise Pflanzengesellschaften der Felsbänder und Felsterrassen, die keinen Anschluss an gewachsenen Boden haben. Nur mit Einschränkungen eignen sich auch Pflanzenarten der Trockenrasen, da diese durch Anschluss an gewachsenen Boden weniger extrem trockene Bodensituationen aufweisen als auf einem extensiv begrüntem Dach zu erwarten ist.

Die Pflanzendatenbank greift die Eignung von Pflanzenarten für extensive Dachbegrünung bereits auf und hat 111 Taxa als für diesen Standort geeignet ausgewiesen. Die Pflanzendatenbank soll um Pflanzenarten aus den Pflanzenlisten für extensive Dachbegrünungen des Bundesverbands Gebäudegrün e.V und autochthone Pflanzenarten aus SCHRÖDER et al. (2021: 56) mit Differenzierung nach Vegetationstragschicht in einer neuen Spalte ergänzt werden

(HERFORT & PFLANZ 2021: 38). Pflanzenarten für extensive Dachbegrünung sind an das reduzierte Substratvolumen und Standortextreme wie geringe Wasserverfügbarkeit bei hoher Sonneneinstrahlung angepasst (Abb. 80, Abb. 81, Abb. 83 und Abb. 84). Dieser Sonderstandort eignet sich nur für gut angepasste Stress-Strategen, deren Eignung vielfach geprüft, hinreichend bekannt und der Fachliteratur zu entnehmen ist.



Abb. 83: Trockenstress auf dem Dach der TH OWL im Juni 2022: Als heimische Charakterart wärmeliebender Sandrasen behauptet sich *Sedum rupestre* auch bei einer sehr geringen Substratauflage. Obwohl in Deutschland keine Wildbienenarten auf die Gattung *Sedum* spezialisiert sind, ist *Sedum rupestre* eine wichtige Pollenquelle.

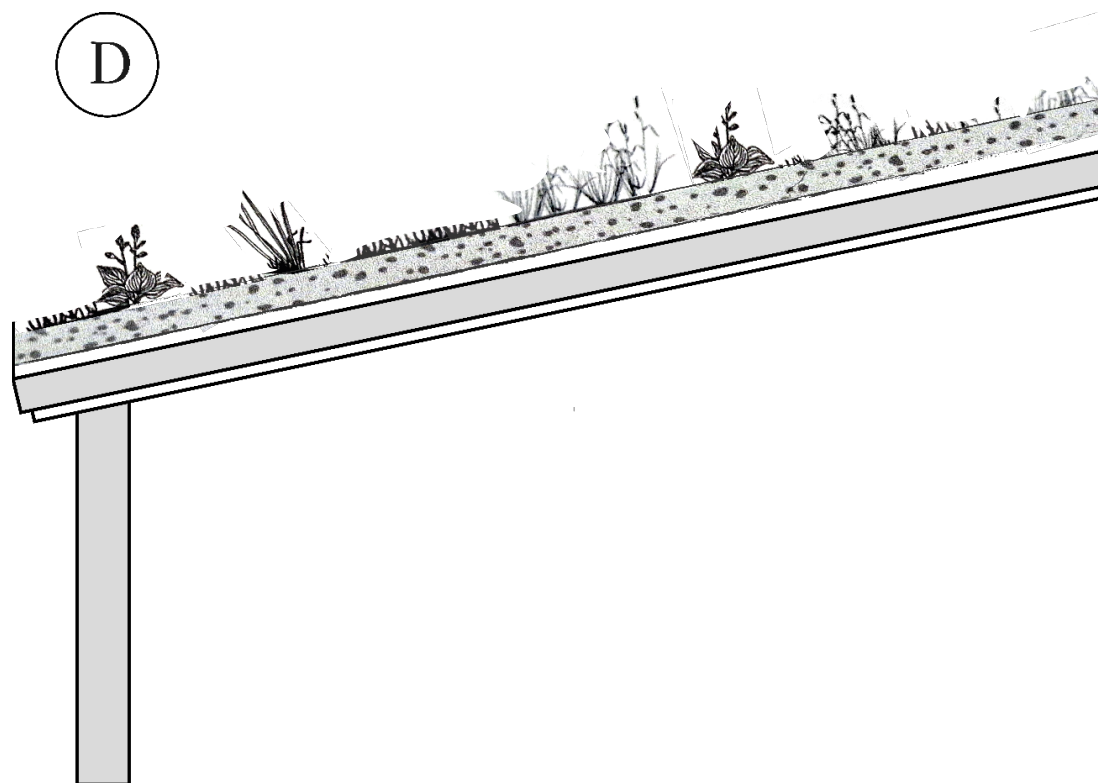


Abb. 84: Entwurf eines Piktogramms für den urbanen Lebensbereich Dachgarten (D) in Anlehnung an die Piktogramme der Lebensbereiche von Martin Haberer aus BOUILLION et. al (2013: 60).

Lebensbereich Schwammstadt (S)

Der Lebensbereich Schwammstadt (S) ist sehr komplex und als ausgesprochener Sonderstandort durch eine unregelmäßig wechselnde Bodenfeuchte geprägt (Abb. 85). Pflanzenarten, die sich für Pflanzungen nach dem Schwammstadtprinzip eignen, müssen zunächst durch die Arbeitskreise evaluiert und in der Pflanzendatenbank ausgewiesen werden. Dabei ist grundsätzlich zwischen Retention und Versickerung zu unterscheiden, da hier der häufig sehr unterschiedliche Umgang mit Niederschlagswasser den Standort maßgeblich modelliert. Vielfach werden auch mit Schwermetallen und Salzen belastete Niederschläge aus dem Straßenraum aufgefangen, was die Pflanzenwahl zusätzlich einschränkt.

Versickerung (SV₁₋₃)

Versickerung ist als das Eindringen von Wasser in einen Sickerraum zu verstehen, der unterhalb einer Versickerungsanlage Wasser aufnehmen kann (FFL 2005: 9). Je nach Flächenverfügbarkeit kann Niederschlagswasser oberirdisch über eine Flächen- oder Muldenversickerung oder unterirdisch über Rohr-/Rigolen- bzw. Schachtversickerung dem Grundwasser zugeführt werden (EPPEL-HOTZ 2019:74). Versickerungsflächen sollen anfallendes Niederschlagswasser

aufnehmen und zeitlich verzögert ableiten. Die Vegetationstragschicht darf maximal 20 cm mit einer Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ($= 36 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2$) betragen und auf einer mindestens 10 cm dicken Sickerschicht aus groben Material enger Sieblinie liegen (FFL 2005: 22). Nach der FLL-Richtlinie "Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung" (FFL 2005: 22) betrug die Entleerungsdauer maximal 24 Stunden bei einer maximalen Anstauhöhe von 30 cm. In der aktualisierten Richtlinie soll die Entleerungsdauer auf 48 Stunden erhöht werden (Abb. 85). Abgesehen von dieser unregelmäßigen niederschlagsabhängigen Überflutung handelt es sich bei Versickerungsflächen nach EPPEL-HOTZ (2019: 74) eher um Trockenstandorte, da drainierende Substratschichten das Niederschlagswasser abführen sollen und auch die Vegetationstragschicht keine ausgeprägte Wasserspeicherkapazität aufweist. Dabei ist bei einer Versickerungsmulde zwischen dem auf Bodenniveau liegenden Randbereich, der Böschung und der Sohle zu unterscheiden (SV₁₋₃). Diese Bereiche bilden unterschiedliche Standorte ab und stellen gleichzeitig unterschiedliche technische Ansprüche an eine Bepflanzung.

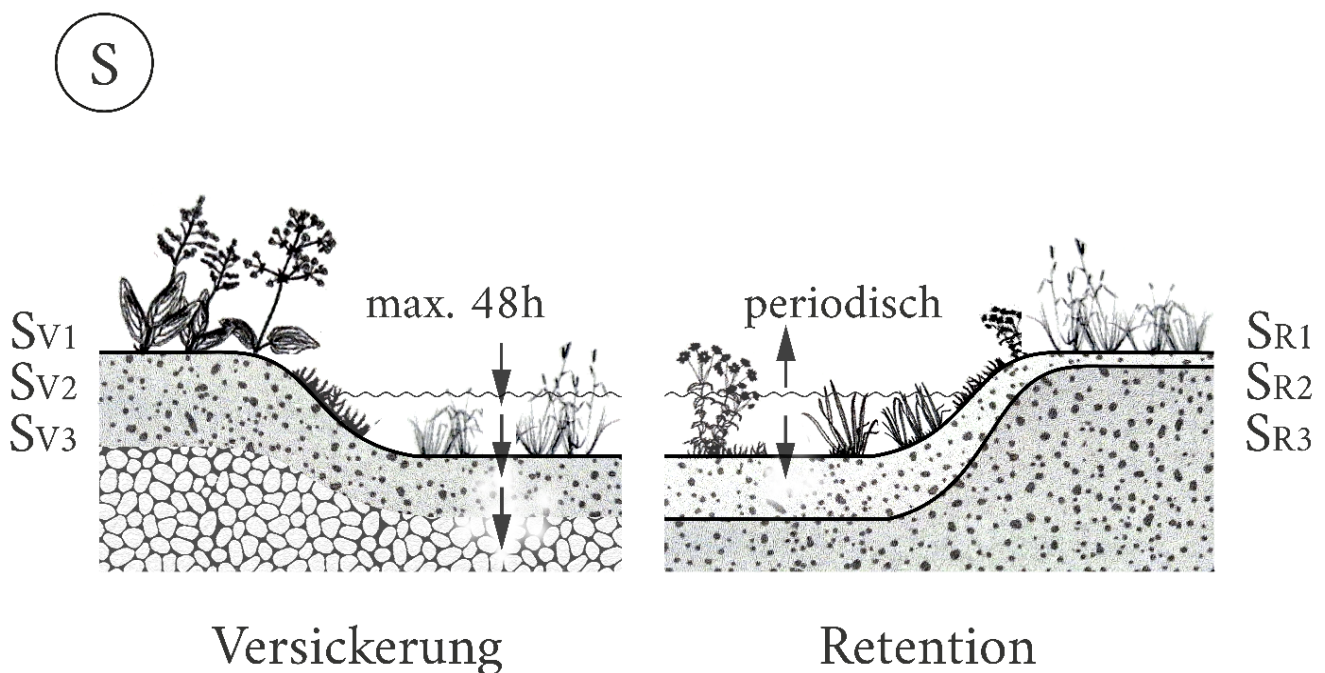


Abb. 85: Entwurf eines Piktogramms für den urbanen Lebensbereich Schwammstadt (S) mit Differenzierung in Versickerungs- und Retentionsmulden in Anlehnung an die Piktogramme der Lebensbereiche von Martin Haberer aus BOUILLION et. al (2013: 60).



Abb. 86: Mediterrane Flusslandschaft: Die durch Störung geprägten Kiesbänke an der Ardèche in Frankreich bieten Ruderalstrategen wie *Lunaria annua* (links) konkurrenzarme Habitats. Die periodisch überschwemmten felsigen Ufer bieten viele Risse und Nischen, in denen sich Zwergsträucher wie *Thymus vulgaris* und auch Geophyten wie *Muscari neglectum* (beide rechts unten) und die ausläuferbildende *Euphorbia cyparissias* (rechts oben) halten können.

Sv₁

Dieser Bereich der Versickerungsanlage beschreibt den Rand der Mulde oder Rigole, der aus der versickerungsfähigen Vegetationstragschicht und aus der Sickerschicht besteht und rasch abtrocknet.

Sv₂

Die Böschung einer Mulde weist ein maximales Gefälle von 0,5 % (FFL 2005: 30 aus GEIGER & DREISEITL 2001) und eine periodisch wiederkehrenden Überflutung von maximal 30 cm bei einer Dauer von bis zu 48 Stunden auf. Die versickerungsfähige Vegetationstragschicht der Böschung sollte gut durchwurzelt werden, um diese zu stabilisieren, die Sickerfähigkeit des Baus aber nicht verringern.

Sv₃

Die Muldensohle besteht aus der versickerungsfähigen Vegetationstragschicht und aus der Sickerschicht und trocknet rasch ab. Die Sohle ist von einer periodisch wiederkehrenden Überflutung von maximal 30 cm bei einer Dauer von bis zu 48 Stunden geprägt.

Pflanzenwahl

Pflanzengesellschaften ähnlicher Standortparameter finden sich in mediterranen oder kontinentalen Flusslandschaften mit regelmäßig steigenden und fallenden Pegelständen bei ausgeprägter periodischer Sommer-trockenheit (Abb. 86). Für natürliche Standorte spielt es dabei keine Rolle, ob die Pflanzenarten periodisch überfluteter Flächen ein Überflutungsereignis überdauern wie der Kleinstrauch *Thymus vulgaris* oder die Fläche als annuelle oder bienne Pflanzenarten rasch wiederbesiedeln, wie *Lunaria annua*. Für extensiv gepflegte Flächen in urbanen Bereichen sollen Pflanzungen jedoch dauerhaft sein, was einen hohen Anteil an Stauden bedingt. Aus den Lebensbereichen Freifläche (Fr₁₋₂), Steppenheide (SH), Heide (H) und Steinanlage (St) scheinen für die Erstellung von zu prüfenden Basislisten vor allem jene Stauden verwendungsrelevant, die niedrigen Feuchtezahlen (F) in Verbindung mit der Tilde (~) aus ELLENBERG et al. (2001: 15; 68) zugeordnet sind, was ihre hohe Toleranz gegenüber wechselnder Bodenfeuchte anzeigt. Unter diesen Pflanzenarten sind verwendungsrelevante Stauden den Lebensbereichen Sv₁₋₃

zuzuordnen, die durch bautechnisch bedingt spezifische Bodenfeuchte unterschieden werden. Ebenso müssen Pflanzenarten baulichen Anforderungen wie bspw. dem Gefälle der Böschung genügen (Abb. 87 und Abb. 88), dürfen jedoch nicht in der Sickerschicht wurzeln, da die Sickerfähigkeit sonst beeinträchtigt wird. Voreilig scheint die Empfehlung von MAHABADI (2001: 117), wo die ausschließliche Bepflanzung mit flachwurzelnenden Bodendeckern oder Rasen empfohlen wird. „Bäume“, werden als Bepflanzung gänzlich ausgeschlossen, was vermutlich alle Gehölze meint. Dabei werden auch flach- und schwachwurzelnende Gehölze ausgeschlossen, deren Verwendung je nach baulicher Struktur und Ausgestaltung des Versickerungssystems auch viele Vorteile wie Hangbefestigung, hohe Verdunstungsrate oder gestalterische Qualitäten aufweisen können.

Bei einem Versuch zur Regenwasserversickerung auf dem Betriebsgelände der Bayerischen Landesanstalt für Wein- und Gartenbau (LWG) wurde laut EPPEL-HOTZ (2019: 78) nach sechs Versuchsjahren ausgewertet, welche Pflanzenarten der Initialpflanzung 2012 überdauert haben. Die Vegetationstragschicht bestand im Versuch aus 30 cm dick aufgetragenem Ober-

boden, der mit Kalksplitt (8/16 mm) fünf Zentimeter stark abgemulcht wurde. Der Standort wurde dem Lebensbereich sonnige Freifläche (Fr₁₋₂) zugeordnet. Trotz regelmäßiger Bewässerung in Trockenperioden sind *Kniphofia uvaria* 'Green Jade' und *Lythrum salicaria* 'Stichflamme' bis auf Einzelexemplare ausgefallen. Das rotblättrige *Sedum telephium* 'José Aubergine', *Euphorbia polychroma* 'Bonfire', die ohnehin kurzlebige *Echinacea purpurea* 'Vintage Wine' sowie *Filipendula ulmaria* 'Plena' sind nach einem guten Start im Laufe der Zeit komplett ausgefallen. Nicht zuletzt durch die Bewässerung haben sich die Pflanzenarten *Panicum virgatum* und *Calamagrostis x acutiflora* 'Karl Foerster' sowie *Euphorbia seguieriana* subsp. *niciana*, *Liatris spicata*, *Sedum telephium* 'Matrona', *Solidago caesia*, *Iris spuria* sowie *Geranium renardii* 'Philippe Vapelle' gut entwickelt. *Anemone sylvestris*, *Sporobolus heterolepis* 'Cloud' und *Salvia nemorosa* 'Caradonna' haben zumindest überdauert. Der Ausfall bodenfeuchteassoziierter Pflanzenarten wie *Lythrum salicaria*, *Kniphofia uvaria* und *Filipendula ulmaria* unterstreichen den Charakter der Versickerungsanlage als Trockenstandort.

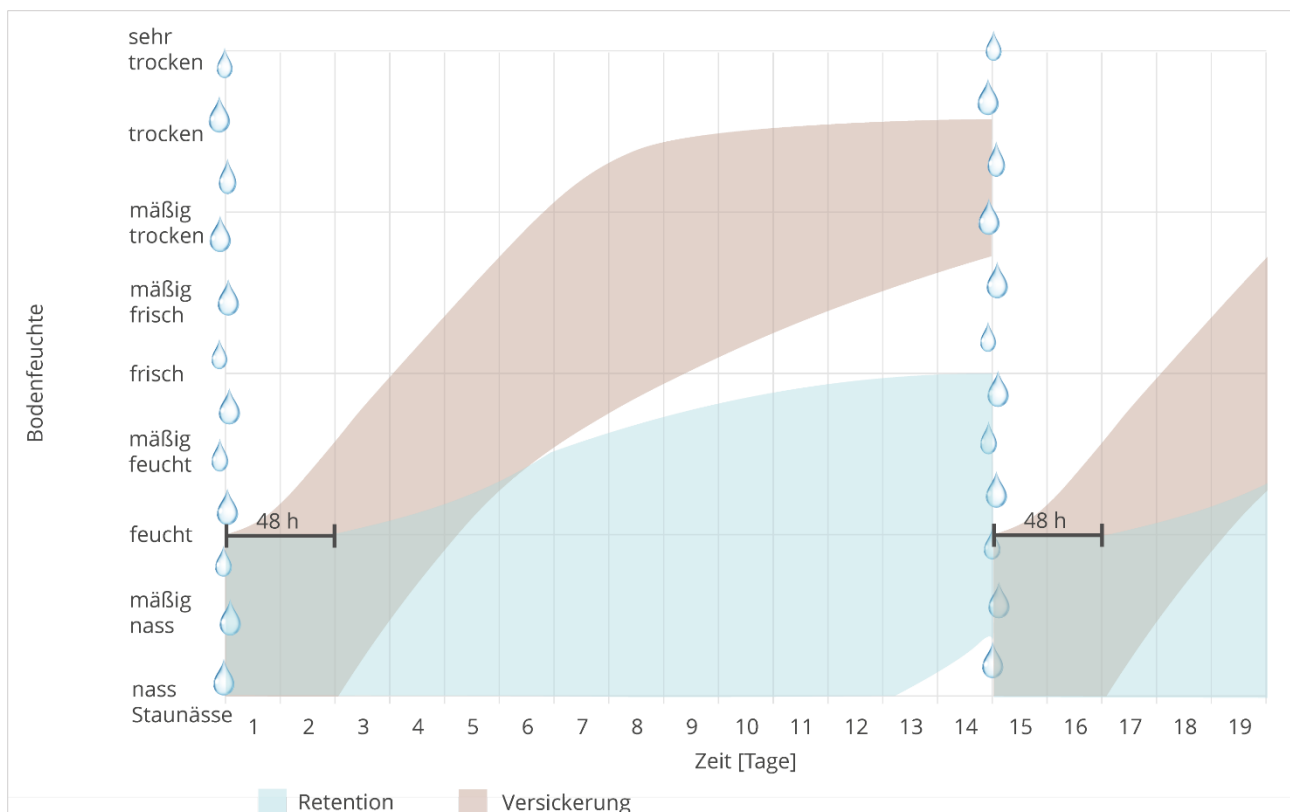


Abb. 87: Hypothetische Dauer der Bodenfeuchte als maßgeblicher Standortfaktor auf Retentions- und Versickerungsflächen des Lebensbereichs Schwammstadt (S) am Beispiel zweier Niederschlagsereignisse im Abstand von 14 Tagen. Die Standorte sollen in FFL-Richtlinien exakt eingegrenzt werden, um eine funktionierende und gleichzeitig artenreiche Bepflanzung zu ermöglichen.

Retention (SR₁₋₃)

Von Wasserrückhaltung oder Retention wird gesprochen, wenn durch bauliche Maßnahmen Wasserrückhalteräume geschaffen werden, die das gespeicherte Wasser verzögert an einen Vorfluter weiterleiten, sofern es nicht verdunstet oder versickert wird (FFL 2005: 9; 28). Eine Stauschicht aus Lehm, Ton oder auch künstlichen Materialien modelliert die Abflussgeschwindigkeit (EPPEL-HOTZ 2019: 75). Solche Retentionsräume können auch mit Versickerungsanlagen kombiniert werden, wobei für die Bepflanzung die standörtlichen Unterschiede beachtet werden müssen (Abb. 87 und Abb. 88). Retentionsräume führen periodisch abhängig von lokalen Niederschlägen unregelmäßig Wasser, wobei der Boden bzw. der Einbau mit Vegetationstragschicht hier durchaus wasserspeicherfähig ist und es sich durch die Verfügbarkeit von Kapillarwasser kombiniert mit Anstauung um eher frischere, wechselfeuchte Standorte handelt. Allerdings ist von der baulichen Ausgestaltung und Materialwahl der Einbauten abhängig, welcher Standort auf einem zeitlichen Gradienten zwischen dauerstaunass und wechselfeucht mit einem Retentionsraum erzielt wird. Retentionsräume können grob nach ihrer Bodenfeuchte unterschieden werden.

SR₁

Dieser Bereich von Retentionsräumen beschreibt den Rand der baulichen Anlage, der aus Vegetationstragschicht auf unterschiedlich durchlässigen Baugrund besteht (FFL 2005: 30). Material und Mächtigkeit können schwanken. Ohne Anschluss an kapillarwirksame Bodenschichten soll die Mächtigkeit der Vegetationstragschicht wegen möglicher Austrocknung möglichst groß gewählt werden.

SR₂

Die Böschung eines Retentionsraums weist ein maximales Gefälle von 0,5 % (FFL 2005: 30 aus GEIGER & DREISEITL 2001) und eine periodisch wiederkehrende Anstauung ohne definierte Dauer auf. Die Vegetationstragschicht der Böschung sollte gut durchwurzelt werden, um diese zu stabilisieren.

SR₃

Die Sohle der Retentionsfläche besteht aus einer Vegetationstragschicht auf unterschiedlich durchlässigem Baugrund (FFL 2005: 30) und ist einer periodisch wiederkehrenden Anstauung ausgesetzt.



Abb. 88: Kombination aus Versickerungsmulde und angeschlossenem Retentionsbecken in Höxter: In diesem Beispiel wird überschüssiger Niederschlag von einem Parkplatz in eine Versickerungsmulde geleitet und in ein Retentionsbecken abgeführt, das über einen Überlauf mit der Kanalisation verbunden ist. Ein Netz aus solchen Systemen kann große Niederschlagsmengen versiegelter Flächen fassen. Die Bepflanzung besteht häufig aus Rasen und ist günstig und pflegeleicht, aber ökologisch wenig wertvoll.

Pflanzenwahl

Die FFL (2005: 30) weist für Retentionsflächen ausdrücklich auf die Verwendung von Pflanzenarten hin, die an längere Anstauperioden angepasst sind. Dennoch ist auch hier eine Anpassung der Pflanzenarten an periodische Trockenereignisse durch ausbleibende Niederschläge in den Sommermonaten wie bspw. im Jahr 2022 zu berücksichtigen, sofern keine zusätzliche Bewässerung geplant ist. Neben Pflanzenarten des Lebensbereichs frische Freifläche (Fr₂), sind auch Pflanzenarten des Lebensbereichs Wasserrand (WR) geeignet, sofern sie salztolerant sind und wechselfeuchte Standorte besiedeln können. Für die Erstellung von zu prüfenden Basislisten scheinen vor allem jene Pflanzenarten verwendungsrelevant, die wie *Lysimachia vulgaris* oder *Lythrum salicaria* eine mittlere Bodenfeuchte bei starkem Wechsel der Bodenfeuchte ertragen. Die Identifikation dieser Pflanzenarten kann über die Feuchtezahl (F1-F12) aus ELLENBERG (2001: 15) erfolgen, die das Vorkommen einer Pflanzenart im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit vom flachgründig-trockenen Felshang bis zum Sumpfboden sowie vom flachen bis zum tiefen Wasser beschreibt. Eine

Tilde (~) gibt außerdem an, dass eine Pflanzenart starke wechselnde Bodenfeuchte erträgt (ELLENBERG 1978: 937). Eine ähnliche Zuordnung bieten die fünfstufigen Zeigerwerte von LANDOLT et. al (2010), wobei Wasserwechselzeiger (Fw) Feuchtigkeit am Standort um +/- ein oder zwei Stufen wechselnd ertragen, Extremwasserwechselzeiger (Fw+) Feuchtigkeit am Standort um mehr als 2 Stufen wechselnd ertragen und indifferente Pflanzenarten der Bodenfeuchtigkeit gegenüber euryök sind. Pflanzenarten der Feuchtezahl F3 bis F4+ bevorzugen mäßig feuchte bis nasse Standorte.

Lythrum salicaria wird bspw. von ELLENBERG et al. (2001: 68) mit der Feuchtezahl 8~ angegeben und gilt damit als Feuchte- bis Nässezeiger, der starke Schwankungen toleriert (Abb. 89 und Abb. 90). LANDOLT et. al (2010) vergibt die Feuchtezahl F4w+, um die Toleranz für eine stark wechselnde Bodenfeuchte kenntlich zu machen. Beide Autoren weisen darauf hin, dass die eingeführten Zeigerwerte nicht die physiologische Potenz bezüglich der Bodenfeuchte abbilden, da Pflanzenarten für die Erhebung solcher Daten ohne Konkurrenz kultiviert



Abb. 89: Siedelt *Lythrum salicaria* natürlicherweise in nassen Wiesen und Sümpfen, findet die Pflanzenart ein anthropogenes Ersatzhabitat in nährstoffreichen und wechselfeuchten Straßengraben, die sein Potenzial als „Sponge City Species“ zeigen.

werden müssen (ELLENBERG 2001: 15; LANDOLT et al 2010). Bei der Einschätzung der physiologischen Potenz gegenüber der Standortamplitude der Bodenfeuchte von *Lythrum salicaria* sind niedrigere Feuchtezahlen zu erwarten, denn nach eigenen Beobachtungen erträgt *Lythrum salicaria* auch zeitweise mäßige Trockenheit.

Die mittleren Feuchtezahlen 5~ bis 8~ (ELLENBERG 1978: 915) bieten mit Pflanzenarten, die Frische- oder Feuchtezeiger sind und dabei stark wechselnde Bodenfeuchte ertragen also eine Basisliste, in der nach eigenen Erfahrungen Pflanzenarten ergänzt und verworfen werden können. *Lysimachia vulgaris* und *Lythrum salicaria* gedeihen bspw. natürlich in Sümpfen und Feuchtwiesen. ELLENBERG (1978: 389; 937) definiert diese standortbezogene Wuchsform der Sumpfpflanze als Landpflanze, deren Wurzelboden viele Wochen oder Monate nicht von Wasser bedeckt ist, die aber z. T. auch längere Überflutung vertragen. Pflanzengesellschaften ähnlicher Standortparameter finden sich in Wasser- und Ufergesellschaften der eigentlichen Fließgewässer, aber auch in Quellfluren und Quellsümpfen. Solche Sumpfpflanzen des Verwendungssortiments finden sich unter den Sumpfstauden im Lebensbereich Wasserrand (WR₄), der durch große Bodenfeuchte am Rande von Teichen oder Bächen gekennzeichnet ist, aber nicht als Grenzlinie zwischen „Wasser“ und „Festland“ verstanden wird. Nach REIF & HÄRTEL (2016: 75) umfasst er vielmehr eine Zone des feuchten bis sumpfigen Bodens ebenso wie die Zone des flachen Wassers mit zeitweise überflutetem bzw. abtrocknendem Boden.

Die tatsächliche Fähigkeit, wechselfeuchte Standorte der Lebensbereiche SR₁₋₃ zu ertragen, muss in Sichtungsvorversuchen verifiziert werden (Abb. 91). Die Toleranz für Trockenheits- und Überflutungsperioden verwendungsrelevanter Stauden soll für verschiedene Anstauzeiträume erfasst werden, um entsprechende Sortimente für Retentionsräume mit unterschiedlichen Anstauzeiten auszuweisen. Bei besonders hohen Salzbelastungen durch winterliches Streusalz sollten auch unter den Halophyten der Salzpflanzengesellschaften des Meeresstrandes und der Seemarschen und Salzstellen des Binnenlandes nach geeigneten Stauden gesucht werden. Die im Versickerungsversuch nach EPEL-HOTZ (2019: 78) für den Trockenstandort

der Versickerungsmulde ungeeigneten Pflanzenarten *Kniphofia uvaria*, *Lythrum salicaria*, sowie *Filipendula ulmaria* sind für Retentionsräume mit eher frischen Böden vermutlich gut geeignet. *Filipendula ulmaria* gedeiht genau wie *Lythrum salicaria* in Sümpfen, Feuchtwiesen und feuchten Hochstaudenfluren.

Versickerungsmulden und Retentionsräume bieten ein enormes Potenzial für wertvolle Zielarten-Mischpflanzungen. WESTRICH (2019: 18) weist auf die außerordentliche Bedeutung von Pflanzenarten der Feuchtwiesen und Hochstaudenfluren feuchter Standorte hin. Viele Pflanzenarten dieser Pflanzengesellschaften haben enge Beziehungen zu Wildbienenarten. So sammeln bspw. alle Wildbienenarten der Gattung *Macropis* an ölsezernierenden *Lysimachia*-Arten (WESTRICH 2019: 143) und die Wildbienenart *Melitta nigricans* im deutschen Verbreitungsgebiet ausschließlich an *Lythrum salicaria* (Abb. 89, Abb. 90, Abb. 92).



Abb. 90: *Melitta nigricans* sammelt ausschließlich den grünen Pollen von *Lythrum salicaria*, Quelle: M. LOHR



Abb. 91: *Lythrum*-Sichtung im Botanischen Garten Höxter von 2019 bis 2022: Mitte Juli 2024 zeigen sich die habituellen Unterschiede der Sorten, an welchen die streng oligolektischen *Melitta nigricans* beim Pollensammeln beobachtet wurde. Die Toleranz gegenüber wechselnder Bodenfeuchte wurde nicht geprüft, aber Trockenheit wurde von der Art und ihren Sorten nicht toleriert.

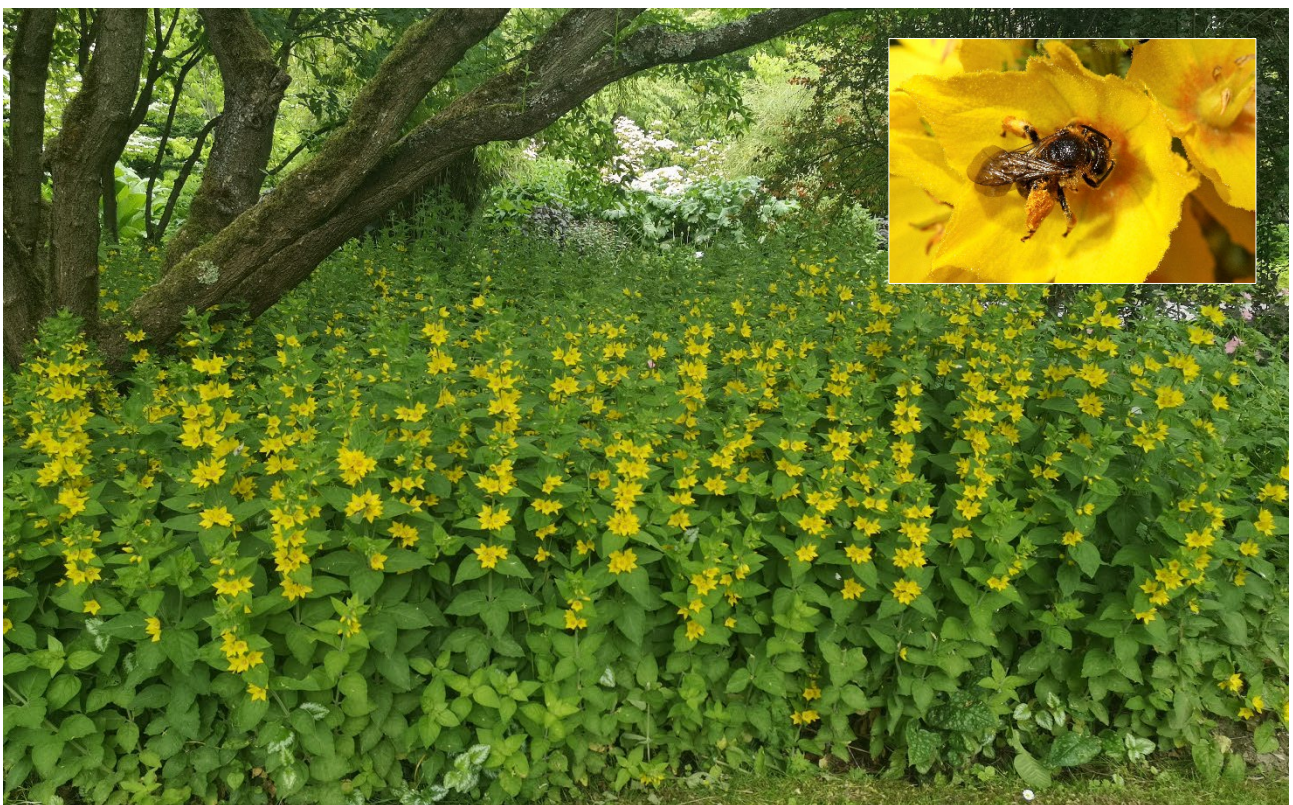


Abb. 92: Der in Parks und Gärten häufig verwendete Neophyt *Lysimachia punctata* stammt ursprünglich aus Süd- und Osteuropa und erträgt wechselfeuchte, aber auch mäßig frische Standorte wie an diesem Gehölzrand im Botanischen Garten Höxter. Wildbienenarten der Gattung *Macropis* (rechts oben, Quelle M. LOHR) sammeln hier ebenso häufig Pollen wie an der heimischen *Lysimachia vulgaris*.

5.3.4 pH-Wert

Dialogfeld und Infobutton

- ☐ pH 4-7 (sauer bis neutral)
- ☐ pH 7-10 (neutral bis basisch)
- ☐ überspringen

i

Pflanzen haben unterschiedliche optimale pH-Wertbereiche. Viele Pflanzen gedeihen bei pH-Werten um 7. Die meisten Böden weisen pH-Werte um 7 auf, daher können Sie diese Auswahl auch überspringen.

» Möchten Sie den pH-Wert ihres Bodens bestimmen, bieten verschiedene Hersteller wie Neudorff® mit dem pH-Bodentest kostengünstige Produkte zur Ermittlung des pH-Werts an. Ist ihr Boden eher basisch bzw. kalkhaltig, wählen Sie pH 7-10. Ist ihr Boden eher sauer und sandig, wählen Sie pH 4-7.

Der pH-Wert beschreibt die Menge freier Wasserstoff-Ionen in einer Lösung. Die pH-Wertskala reicht von 0 bis 14. Der pH-Wert des Bodens hat nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2017: 199) vielfältige Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum. Pflanzenarten haben unterschiedliche Optima und Amplituden bezüglich des pH-Werts. Außerdem hängt der optimale pH-Wert auch von ökologisch wirksamen Bodeneigenschaften ab, welche unterschiedlich mit dem pH-Wert interagieren können. Hierzu gehören nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2017: 199) die toxische Wirkung von Al^{3+} und bei hohen Gehalten von Mn^{2+} , die Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen, die Mobilität toxischer Schwermetalle, der Humusabbau, das Bodengefüge sowie das Wachstum und die Artenvielfalt der Begleitflora. Da sehr stark saure und extrem alkalische Böden kaum bepflanzt und nicht häufig sind, wird der Standort hier nur sehr grob der Tendenz nach in sauer bis neutral mit pH-Werten von 4 bis 7 und in neutral bis basisch mit pH-Werten von 7 bis 10 eingeteilt. Diese Einteilung ermöglicht es, dass Anwender mit einem einfachen pH-Bodentest bspw. des Anbieters Neudorff® den pH-Wert des Bodens bestimmen und einem pH-Wertbereich zuordnen können. Möchte der Anwender diesen Schritt überspringen so nutzt das System nur Pflanzenarten, deren pH-Wertamplitude zumindest von 6,5 bis 7,5 reicht, um sicherzustellen, dass der Anteil an auf saure oder alkalische Standorte spezialisierte Arten gering bleibt. Hierdurch verringert sich die Wahrscheinlichkeit für vorgeschlagene Pflanzenarten, die gegenüber eines pH-Werts intolerant sind und an einem falsch angesprochenem Standort ausfallen.

5.3.5 Zielhöhe der Pflanzung

Dialogfeld und Infobutton

Zielhöhe:

- ☐ < 40cm
- ☐ < 60 cm
- ☐ < 80 cm
- ☐ < 100 cm
- ☐ egal

i

Legen Sie die maximale Höhe der Zielarten-Mischpflanzung fest

» Beachten Sie unbedingt die Verkehrssicherungspflicht nach RAS 06 2008

Wurde bei der Voreinstellung der Lebensbereich Dachgarten (D) oder Alpinum (A) gewählt, wird dieses Auswahlfeld nicht mehr angezeigt, da Pflanzenarten dieser Lebensbereiche vergleichsweise niedrig bleiben. Bei der Gestaltung von Freiräumen übernehmen Pflanzungen je nach Höhe trennende oder leitende Funktionen, können aber auch Elemente wie Sitzgelegenheiten oder Treppenaufgänge begleiten. Neben einer gestalterischen Höhenstaffelung ist auch die Verkehrssicherung zu beachten. So ergeben sich für innerstädtische Pflanzungen aufgrund der notwendigen Einsehbarkeit für Fußgänger und Autofahrer einzuhaltende Lichtraumprofile. An Ein- und Ausfahrten sowie Kreuzungen sind maximale Höhen bis 0,8 m zugelassen, um den Sichtkontakt zwischen Verkehrsteilnehmern zu gewährleisten (RAS 06 2008: 129, HEINRICH & MESSER 2012: 48).

5.3.6 Giftige Pflanzen

Dialogfeld und Infobutton

Giftige Pflanzen:

- ☐ zulassen
- ☐ nicht zulassen

i

Meiden Sie giftige Pflanzenarten in unmittelbarer Nähe von Kindergärten und Spielplätzen, bedenken Sie jedoch, dass unter diesen Pflanzenarten viele wichtige Pollenquellen sind und viele Pflanzenarten keinen hohen Attraktionseffekt auf Menschen haben.

Vor allem in Kindergärten und auf Spielplätzen sowie in hoch frequentierten prominenten Bereichen mit Aufenthaltsangeboten sollte die Verwendung giftiger Pflanzen gezielt ausgeschlossen werden können. Ergänzend zu den Angaben aus der Pflanzendatenbank sollen auch weitere Datenbanken ausfindig gemacht werden, um möglichst viele giftige Pflanzenarten zu erfassen.

5.3.7 Herkunft

Dialogfeld und Infobutton

Giftige Pflanzen:

- ☐ nur heimische Arten
- ☐ nicht-heimische Arten zulassen
- ☐ Sorten zulassen

i

Urbane Bereiche zählen im Sinne des § 40 Abs. 1 S. 1 BNatSchG nicht zur freien Natur und dürfen auch mit Pflanzenarten nicht-heimischer Herkunft sowie Sorten bepflanzt und eingesät werden (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2023). Wo sinnvoll und möglich, wird geraten, Pflanzenarten gebietseigener Herkünfte zu verwenden. Die Verwendung von Sorten ist umstritten, bietet jedoch Potenzial, den Sammelzeitraum für hochspezialisierte Wildbienen und andere Insektenarten zu erweitern, sofern die verwendeten Sorten ungefüllt blühen und nicht genmanipuliert sind.

Siedlungen und Flächen im städtischen Bereich zählen im Sinne des § 40 Abs. 1 S. 1 BNatSchG nicht zur freien Natur und dürfen auch mit Pflanzenarten nicht-heimischer Herkunft sowie Sorten bepflanzt und eingesät werden (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2023: 49ff). Die Projektträgerschaft möchte jedoch der fachlichen Empfehlung des BNatSchG folgen und außerhalb des Geltungsbereichs des § 40 Abs. 1 dort, wo sinnvoll und möglich, heimische Pflanzenarten verwenden. Der Nutzer kann durch eine Mehrfachauswahl auch nicht-heimische Pflanzenarten sowie Sorten zulassen, um gezielt die klimawandelbedingte phänologische Desynchronisation der Blütezeiten der Pollenquellen und Flugzeiten der Wildbienenarten auszugleichen und das Spektrum an Pollenquellen zu maximieren oder durch Sorten die Attraktivität der Pflanzung zu erhöhen.

5.3.8 Bundesland

Dialogfeld und Infobutton

Bundesland:

- ☐ Baden-Württemberg
- ☐ Bayern
- ☐ Berlin
- ...

i

Durch die Eingabe ihres Bundeslands kann der Gefährdungsstatus aus der Roten Liste der Wildbienenarten auf Landesebene berücksichtigt werden, was eine zielgerichtete Förderung der Rote-Liste-Arten ermöglicht, sofern Sie bei der Wahl der Zielarten gefährdete Wildbienenarten besonders unterstützen möchten.

i

Durch die Abfrage des Bundeslandes, für das die Zielarten-Mischpflanzung konfiguriert werden soll, kann das intelligente Planungswerkzeug bei der Zielarteneinstellung „Rote-Liste-Arten“ die tatsächlich für das betreffende Bundesland gefährdeten Wildbienenarten aus SCHEUCHL et al. (2023: 55) berücksichtigen. Die tatsächliche Verbreitung und damit auch die Gefährdung der einzelnen Wildbienenarten ist nicht nur auf Länderebene, sondern vor allem auch regional oft noch sehr unzureichend bekannt und zudem hochdynamisch, da sich die Verbreitungsgebiete zahlreicher Wildbienenarten aktuell unter anderem aufgrund des Klimawandels ändern. Zukünftig sollte eine Erfassung der Vorkommen von Wildbienenarten und damit ihrer Verbreitung zunehmend über Citizen Science-Monitoring erfolgen, die eine Fusion und das Verarbeiten kontinuierlich erhobener und aktualisierter Verbreitungsdaten ermöglicht.

5.3.9 Zielarten

Dialogfeld und Infobutton

Auswahl der Zielarten:

- ☐ Rote-Liste-Arten fördern
- ☐ Spezialisierte Arten fördern

Manuelle Auswahl (min. 3 Arten)

- ☐ *Andrena aberrans*
- ☐ *Andrena agilissima*
- ☐ *Andrena alfkenella*

...

Ohne profundes Expertenwissen zu Wildbienen können Sie die in ihrem Bundesland in der Roten Liste geführten Wildbienenarten, oder spezialisierte (oligolektische) Wildbienenarten fördern, die eine besonders enge Bindung an ihre Pollenquelle zeigen.

Wählen Sie für ein gezieltes Artenschutzprojekt mindesten 3 Zielarten aus dem Pool an Zielarten, die an ihrem Standort realisiert werden können.

Als Ausgabe erhält der Anwender die unter Berücksichtigung der Voreinstellungen noch realisierbaren Wildbienenarten aus dem Gesamtartenpool der in Deutschland verbreiteten polylektischen und oligolektischen Wildbienenarten als Liste (Manuelle Auswahl). Anwender mit fundierten Kenntnissen können selbständig unter den Wildbienenarten mindestens drei oder mehr Zielarten bestimmen, für die eine Mischpflanzung konfiguriert werden soll. Insbesondere mit Kenntnissen zum regionalen Vorkommen der Wildbienenarten können in der betreffenden Region bedrohte oder sonstige naturschutzfachlich wertvolle Wildbienenarten gefördert werden. Anwender mit weniger fundierten Kenntnissen können eine Mischpflanzung für Wildbienenarten konfigurieren lassen, die im kritischen Verzeichnis der aktualisierten Checkliste der Wildbienen Deutschlands von SCHEUCHL et al. (2023: 54) im jeweiligen Bundesland als ausgestorben, verschollen, vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet, gefährdet in unbekanntem Ausmaß, auf der Vorwarnliste, als extrem selten oder mit unzureichenden Daten geführt werden. Anwender mit weniger fundierten Kenntnissen können aber auch eine Mischpflanzung ausgeben lassen, die für spezialisierte Wildbienenarten mit oligolektischem und streng oligolektischem Pollensammelverhalten konfiguriert wird. Diese Gruppe wird als potenziell vulnerabel erachtet, da ihre Arten nicht auf andere Pollenquellen ausweichen können. Bei der Auswahl der Zielarten spielt die Verbreitung eine geringere Rolle, da neben unzureichenden flächendeckenden Monitoring-Daten nicht genügend Kenntnisse über die Ausbreitungsgeschwindigkeit unter aktuellen Klimawandelereignissen vorliegt. So breitet sich die auf Gattungen der Familie der Dipsacaceae spezialisierte *Andrena hattorfiana* als prognostizierter Klimawandelgewinner zunehmend nordwärts aus, gilt aber im Bestand als abnehmend. Bei einer Erhebung durch FRANZÉN et. al (2007) wurde eine Kolonisierungsdistanz von 900 m beobachtet.

Diese Kolonisierungsdistanz dürfte neben der Dichte der Pollenquelle jedoch von weiteren



Abb. 93: Sammelflug: Mit Pollen von *Campanula trachelium* in der Schienenbürste fliegt *Melitta haemorrhoidalis* zu ihrem unterirdischen Nistplatz. Für die Versorgung von einer Brutzelle benötigt sie 16,6 Pflanzen (WESTRICH 2019: 283). Je weiter Nistplatz und Pollenquelle auseinanderliegen, desto niedriger ist vermutlich der Reproduktionserfolg. Die maximale Sammelflugdistanz ist nicht ausreichend bekannt und von vielen räumlichen Faktoren abhängig. Quelle M. LOHR

Faktoren wie Windrichtung- und Geschwindigkeit oder Raumwiderstand abhängig sein. Der Raumwiderstand wird ebenfalls vernachlässigt, da ZURBUCHEN et al. (2010c) festgestellt haben, dass die Wildbienenart *Hoplitis adunca* Hindernisse wie Straßen und Flüsse, *Chelostoma florissomne* sogar Wälder bis 480 m Ausdehnung für Sammelflüge überwinden.

Bei einer Konfiguration von Zielarten-Mischpflanzungen für eine oder mehrere Zielarten gewährleistet das Planungswerkzeug eine Abdeckung aller Flugzeiträume durch die verwendeten Pollenquellen. Bei der Konfiguration einer Zielarten-Mischpflanzung für oligolektische Wildbienenarten gewichtet das intelligente Planungswerkzeug die Flugzeiträume entsprechend der Artanzahl fliegender Wildbienen und wählt die Pollenquellen entsprechend der sich mit der Flugzeit über-

schneidenden Blühperiode der Pollenquellen. Dadurch soll verhindert werden, dass die weniger frequentierten Flugzeiträume (März, April, Mai, Oktober) unverhältnismäßig häufig berücksichtigt werden.

Befinden sich unter den Zielarten endogäisch nistende Wildbienenarten, wird bei Zielarten-Mischpflanzungen der Lebensbereiche trockene Freifläche (Fr₁) und Steppenheide (SH) auf den Funktionstyp Bodendecker verzichtet, um vegetationsfreie Flächen oder lückigen Bewuchs zu gewährleisten, der nach ZURBUCHEN & MÜLLER (2012: 61) für die Erschließung des Bodens als Nistraum von Bedeutung ist.

Um sicherzustellen, dass wichtige Pollenquellen für oligolektische Wildbienenarten nicht zufällig nie vom System verwendet werden, wird der Verwendungsscore eingeführt.

5.4 Verwendungsscore

Sofern nach der Erfüllung aller programm-spezifischen Konditionen der Lebensbereiche, Lebensformen, Pollenquellen und Funktions-typen der Artenpool größer als die Anzahl benötigter Pflanzenarten ist, wählt das System die Pflanzenarten aus dem verbleibenden Artenpool nach der Höhe des Verwendungsscores. Pflanzenarten mit hohem Verwendungsscore werden priorisiert. Der Verwendungsscore beschreibt ein Punkte-System und errechnet sich aus dem Rote-Liste-Status der Pflanzenart (METZING et. al 2018) und der Relevanz der Pflanzenart als Pollenquelle für streng oligolektische Wildbienenarten.

Ausgangsbasis für die Relevanz der Pflanzenart ist die Anzahl der Wildbienenarten, für die eine Pflanzenart Pollenquelle ist, was voraussetzt, dass zukünftig neue Beobachtungsdaten zu Pollenquellen kontinuierlich in die Datenbank eingepflegt werden.

Berechnung des Verwendungsscores (Tab. 4)

Verwendungsscore steigt mit der Anzahl der Wildbienenarten, für die eine Pflanzenart beobachtete Pollenquelle (PQ_{pot}) oder durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) ist, um jeweils einen Punkt.

Der Verwendungsscore steigt mit der Anzahl der oligolektischen oder streng oligolektischen Wildbienenarten, für die eine Pflanzenart beobachtete Pollenquelle (PQ_{pot}) oder durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) ist, um jeweils zwei Punkte.

Der Verwendungsscore steigt, wenn die Pflanzenart nach der aktuellen Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen als bestandsgefährdet, vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet, gefährdet in unbekanntem Ausmaß, extrem selten, ausgestorben, verschollen oder auf der Vorwarnliste geführt wird, gestaffelt nach Rote-Liste-Status um ein bis drei Punkte.

Der Verwendungsscore sinkt, sobald die Pflanzenart für eine Zielarten-Mischpflanzungen vorgeschlagen wurde, um jeweils 0,5 Punkte.



Abb. 94: Hoher Verwendungsscore: Die in der Roten Liste nach METZING et. al (2018) als vom Aussterben bedrohte Pflanzenart *Eryngium planum* gedeiht auf wechselfeuchten bis mäßig trockenen Standorten und ist eine beliebte Freiflächenstaude. Der strukturstarke Dauerblüher ist nicht nur durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ_{best}) der auf Apiaceen spezialisierten und seltenen Wildbienenart *Andrena rosae*, sondern wird auch von der Sandbienenart *Andrena flavipes* als Pollenquelle genutzt.

WESTRICH (2019: 321) weist zwar darauf hin, dass unter den Pollenquellen wenige Pflanzenarten in der Roten Liste geführt werden, führt das aber auf die erschwerte Datenerhebung des Pollensammelverhaltens bei seltenen Wildbienenarten zurück. Gleichzeitig spielen Wildbienen für seltene oder gefährdete Pollenquellen als Bestäuber eine wichtige Rolle für deren Erhalt, benötigen aber zusätzliche Nahrungsquellen in Form häufiger Pollenquellen. Empfehlenswert ist daher in jedem Fall eine bewusste Integration von Pflanzenarten, die in der Roten Liste geführt werden, um ganzheitlichen Artenschutz zu praktizieren (WESTRICH 2019: 321). Das Planungswerkzeug zählt die Häufigkeit der vorgeschlagenen Pflanzenart für Zielarten-Mischpflanzungen und senkt den Score einer Pflanzenart automatisch um einen Punkt, sobald die Pflanzenart für eine Zielarten-Mischpflanzung vorgeschlagen wurde. So wird gewährleistet, dass auch Pflanzenarten mit einem zunächst niedrigen Verwendungsscore irgendwann vorgeschlagen werden, da auch solche Pflanzenarten für eine einzige hochspezialisierte Wildbienenart eine wichtige Pollenquelle sein können. Der Verwendungsscore ist somit nicht statisch, sondern verhält sich bei Nutzung des intelligen-

ten Planungswerkzeugs dynamisch. Dabei ist statistisch zu vernachlässigen, ob eine Zielarten-Mischpflanzung umgesetzt wird oder der Vorschlag verworfen wurde, da auch bei einer Umsetzung der Zielarten-Mischpflanzung das tatsächliche Vorhandensein und die Dauerhaftigkeit der Pflanzenart nicht gewährleistet ist.

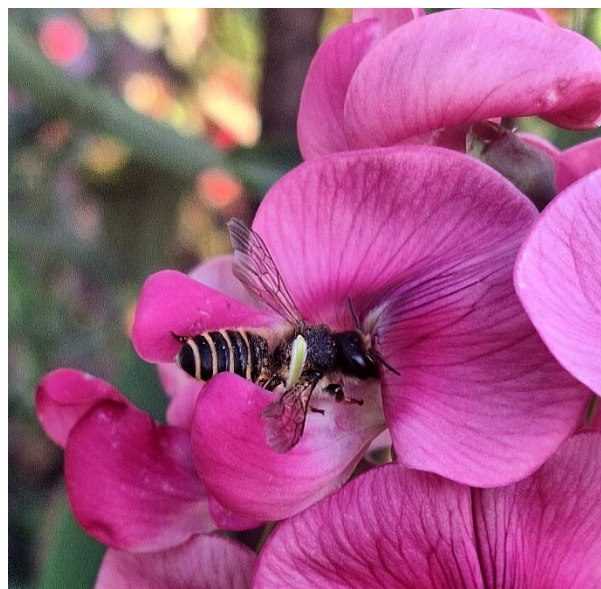


Abb. 95: *Megachile ericetorum* sammelt Pollen an *Lathyrus latifolius*, einem eingebürgerten Neophyt, der häufig zur Begrünung von Zäunen und Rankhilfen verwendet wird.

Tab. 4: Exemplarisches Rechenbeispiel für den Verwendungsscore für drei Pflanzenarten. Rote-Liste-Status nach METZING et. al (2018).

Verwendungsscore		Pflanzenarten			
		<i>Eryngium planum</i>	<i>Teucrium chamaedrys</i>	<i>Lathyrus latifolius</i>	
+ 1	Beobachtete oder durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ _{pot+best})	<i>Andrena flavipes</i> <i>Colletes hylaeiformis</i> <i>L. calceatum</i> <i>Megachile rotundata</i>	<i>Anthophora pubescens</i> <i>Anthidium manicatum</i> <i>Anthophora pubescens</i> <i>A. quadrimaculata</i>	<i>Megachile nigriventris</i> <i>Megachile willughbiella</i> <i>Xylocopa violacea</i>	+3
		+4	+4		
+ 2	Beobachtete oder durch Analysen bestätigte Pollenquelle (PQ _{pot+best}) oligolektischer Arten	<i>Andrena rosae</i>	<i>Anthophora furcata</i> <i>Osmia andrenoides</i>	<i>Megachile ericetorum</i> <i>Osmia tridentata</i>	+4
		+2	+4		
+ 1	RL-Status: Vorwarnliste	-	-	-	-
+ 2	RL-Status: bestandsgefährdet	-	-	-	-
+ 2	RL-Status: gefährdet, in unbekanntem Ausmaß gefährdet	-	-	-	-
+ 3	RL-Status: extrem selten, stark gefährdet, vom Aussterben bedroht, ausgestorben, verschollen	+3	-	-	-
- 1	Vorschlagsfrequenz	bereits zweimal vorgeschlagen	noch nicht vorgeschlagen	bereits einmal vorgeschlagen	-1
		-2			
Verwendungsscore		+7	+8	+6	

5.5 Ausgabe: Integrierte Zielarten-Mischpflanzung

Das intelligente Planungswerkzeug gibt eine Zielarten-Mischpflanzung, bestehend aus einer Pflanzenartenliste sortiert nach Empfehlung für Pflanzenarten, die als Topfware gepflanzt werden sollen und Pflanzenarten wie Ruderalstrategen, die gesät werden können, aus. Die Pflanzenarten werden mit empfohlenen Mengenanteilen, Pflanzabständen und der Reihenfolge, in der die Pflanzen auf der Fläche ausgelegt werden, angegeben. Gerüstbildner und Pollenquellen werden gepflanzt, sofern Pflanzgut auf dem Markt verfügbar ist. Durch das Auslegen der Pflanzen vor der Pflanzung beginnend mit Gerüstbildnern und anschließend zufälliger Verteilung der übrigen Funktionstypen auf der Fläche wird beispielsweise eine gewisse Verteilung der Gerüstbildner oder auch eine Gruppierung der Geophyten aus gestalterischen Gründen sichergestellt. Erst nach abgeschlossener Pflanzung wird gesät. Wesentliche In-

formation zu den Zielarten mit Fokus auf ihre Lebensraumsprüche werden steckbriefartig angeboten, darunter auch die Information zur artspezifischen Nistweise. Zusätzlich wird ein phänologischer Kalender gezeigt, der die Blütezeiten der Pflanzenarten in angenäherten Blütenfarben über die Monate März bis Oktober in zweiwöchigen Einheiten zeigt. Bei einer Auswahl von weniger als 5 Zielarten wird die Flugzeit im gleichen Kalender dargestellt.

Generierte Zielarten-Mischpflanzungen erhalten außerdem einen Wildbienen-Score, der angibt, wie viele Wildbienenarten insgesamt von der Zielarten-Mischpflanzung profitieren. Durch die Ergänzung der Pollenquellen um die potenziellen Pollenquellen (PQ_{pot}) (vgl. Kapitel 2.2.2), die zumindest für polylektische Wildbienenarten Pollen bieten müssen, fördert die Zielarten-Mischpflanzung neben den Zielarten weitere Wildbienenarten.

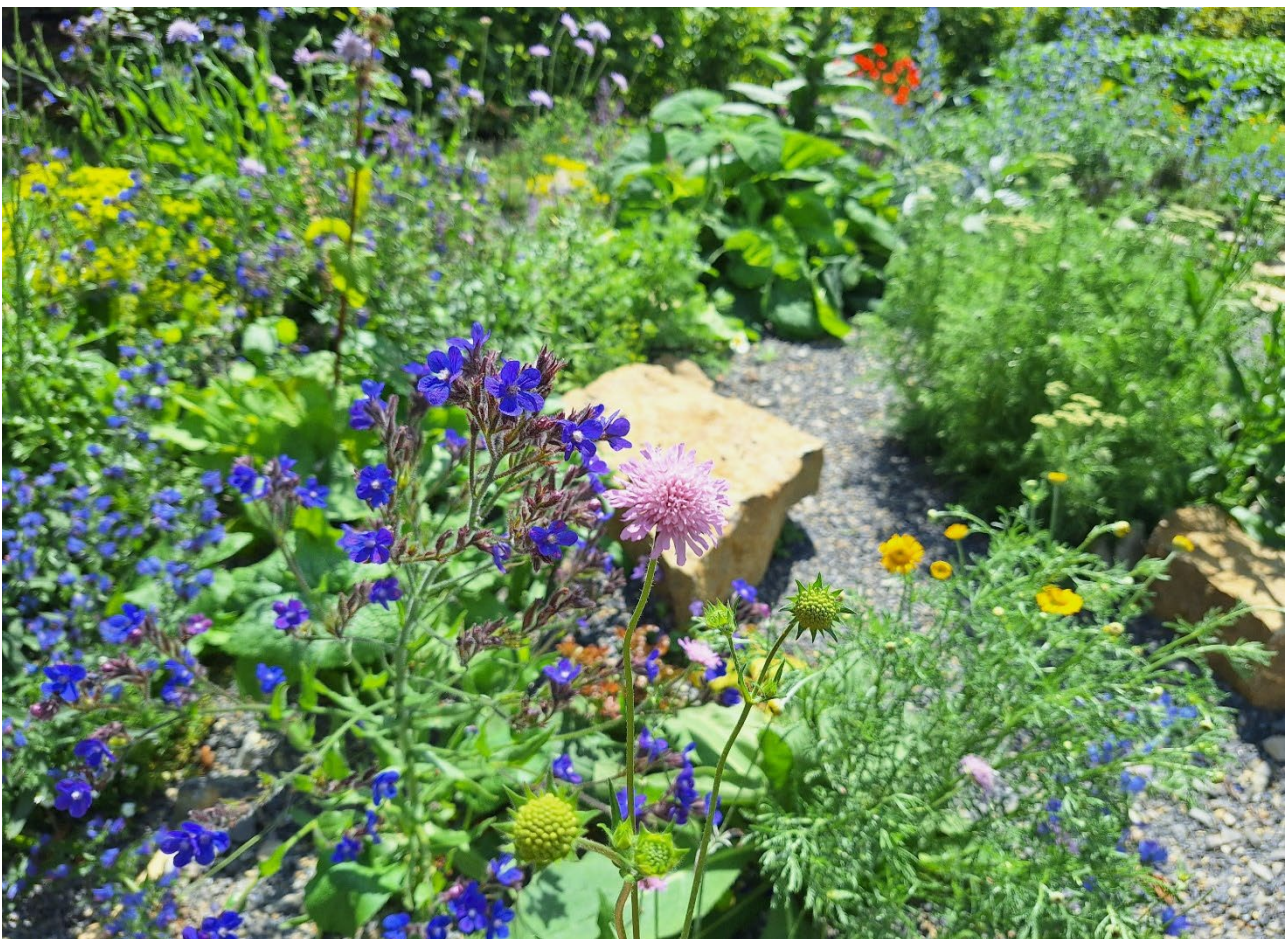


Abb. 96: Mischpflanzung mit hohem Wildbienenscore: Eine manuell zusammengestellte Mischpflanzung für die oligolektischen Wildbienenarten *Hoplitis adunca* und *Andrena hattorfiana* mit annuellen und biennen Ruderalstrategen wie *Echium vulgare*, *Anthemis tinctoria*, *Knautia arvensis*, *Scabiosa ochroleuca* und kurzlebigen Stauden wie *Anchusa azurea*. Das intelligente Planungswerkzeug kann eine Zielarten-Mischpflanzung auch ohne Vorkenntnisse zu den Pollenquellen dieser Wildbienenarten generieren.

5.6 Boden, Substrat & Mulch

Gewachsener Boden ist nach § 202 des BauGB (BUNDESAMT FÜR JUSTIZ 2024) ein geschütztes Gut und sollte, wann immer möglich, auf der zu bepflanzenden Fläche belassen oder entsprechend der ursprünglichen Schichtung der Bodenhorizonte wieder eingebaut werden. In der Umsetzung von Bau- oder Sanierungsmaßnahmen werden spätere Grünflächen oft nicht ausreichend vor Verdichtung oder Kontamination geschützt. Vielfach werden die Flächen auch mit Baustoffresten oder biologisch inaktivem, sogenanntem „toten Boden“ verfüllt. Meist sind diese Aktivitäten abgeschlossen, wenn die Fläche zur Bepflanzung an die ausführende Instanz übergeben wird, sodass eine Einflussnahme nicht mehr möglich ist. Aus Gründen der Nachhaltigkeit wird geraten, nur bei wirklich ungeeignetem Boden oder Substrat überhaupt Material auszutauschen. Ein ungeeigneter Boden zeichnet sich nicht durch einen hohen Anteil mineralischer Bestandteile oder ausgeprägte Nährstoffarmut aus, wohl aber durch Kontamination bspw. mit Treibstoffen. Der Begriff Boden oder Substrat umfasst ein breites Spektrum möglicher Mischungsverhältnisse der Bodenarten. Sollte die zu bepflanzende Fläche aufgefüllt werden müssen, ist je nach Füllhöhe zwischen Vegetationstragschicht und Mulch zu unterscheiden, wobei für Zielarten-Mischpflanzungen die Nistraumansprüche endogäisch nistender Wildbienenarten zu berücksichtigen sind. Eine möglichst große räumliche Nähe zwischen Nist- und Nahrungshabitat ist günstig für den Re-

produktionserfolg und kann durch eine für die endogäisch nistenden Wildbienenarten günstige Korngrößenzusammensetzung des Substrats und der Mulchauflage erreicht werden. Diese Nistraumansprüche gelten also auch für das organische oder mineralische Mulchen der Flächen mit Sand, Splitt oder Kies zur Pflegereduktion. Hierbei wird von HEINRICH & MESSER (2012: 66) bei Splitten und Kiesen eine Materialstärke ab 5 cm, bei Sanden eine Materialstärke ab 10 cm empfohlen, die sowohl unerwünschten Bewuchs durch ruderales Beikräuter als auch die Verdunstung von Bodenwasser verhindern soll. HEINRICH & MESSER (2012: 63) empfehlen für mineralisches Mulchen Korngrößen zwischen 8 und 16 Millimetern.

Die Lebensraumansprüche der Wildbienenarten an den Boden und damit an die Mulchauflage sind komplex. Von den rund 745 in Deutschland, Liechtenstein, Österreich und der Schweiz nachgewiesenen Wildbienenarten nisten 369 Arten endogäisch (Abb. 101) in selbst gegrabenen Gängen (ZURBUCHEN & MÜLLER 2012: 57). Keine dieser endogäisch nistenden Wildbienenarten kann bei den empfohlenen Korngrößen und enger Sieblinienkurve bzw. geringer Varianz der Korngrößen ohne Feinanteile eine Nestanlage aus selbst gegrabenen Gängen anlegen. Der Zusammenhang zwischen der Korngrößenverteilung des Mulchmaterials bzw. des Bodenmaterials und deren Eignung als Nistraum für Wildbienen ist artspezifisch (WESTRICH 2019: 64). Nach ZURBUCHEN & MÜLLER (2012: 58) sind von 236 gefährdeten, endogäisch nistenden



Abb. 97: Korngrößen zwischen 2 und 8 Millimetern werden gerne als dekorative anorganische Mulchauflage verwendet und verringern die Konkurrenz durch Beikräuter.

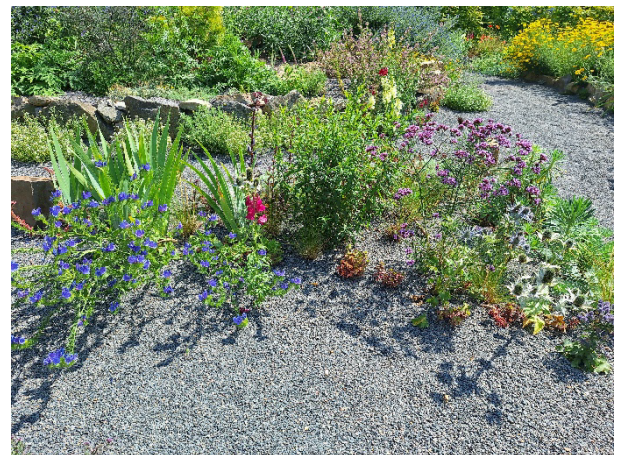


Abb. 98: Edelsplitt aus Kalk eignet sich gut als naturalistischer Wegebelag, der in die Pflanzung übergeht. Viele Pflanzenarten trocken-heißer Magerstandorte gedeihen hier.

Arten 77 auf Sand- oder Lössboden spezialisiert, 4 Arten besiedeln ausschließlich Lehmböden, 44 Arten sind wenig wählerisch und bauen ihre Nester in unterschiedlichen Bodensubstraten (Abb. 99 und Abb. 100), während für 111 Arten das Spektrum der besiedelten Bodensubstrate noch unbekannt ist. Weiter ist von 82 gefährdeten Wildbienenarten bekannt, dass sie bezüglich der Boden­neigung auch oder nur in zumindest kleinräumig horizontal ausgerichteten Bodenstrukturen nisten. Feinanteile bis 0,06 mm sorgen nach DIN-Norm 18196 (BEUTH 2016) bei einem Massenanteil von 15 bis 40 % für eine gewisse strukturelle Stabilität, die sogenannte Bindigkeit oder Kohärenz sandiger Böden, die es auch Wildbienen ermöglichen sollte, stabile Nistgänge zu graben. Diese Stabilität des Kohärentgefüges entsteht über Kohäsionskräfte, die nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2017: 247) von den Wasser­meniskenkräften der Teilchen, also dem Feuchtigkeitsgehalt und dem Druck auf die Bodenteilchen, modelliert wird. Kohärenz, die auf Wasser­menisken beruht, ist schnell

reversibel, was beobachtet werden kann, wenn eine Steilwand aus sandigem Boden durch Druck einstürzt und sich die zuvor „verklebten“ Bodenteilchen wieder voneinander lösen. Je niedriger die Korngröße ist und je höher die Feinanteile sind, desto geringer sind jedoch auch die Mulcheffekte. Sobald ein Nullanteil vorhanden ist und die Bodenwasserverdunstung durch eine zunehmende Kapillarwirkung beeinflusst wird, reduziert sich der Mulcheffekt auf die Abwesenheit der Samenbank des gewachsenen Bodens und der Initialpflanzung wird ein Wachstums­vorsprung gegeben, wobei auflaufende Beikräuter aus dem Mulch leichter entfernt werden können. HOFMANN (2022) empfiehlt bspw. das wildbienenfreundliche Sandbeet, in dem eine Sandschicht aus 15 bis 20 cm rundkörnigem Estrichsand mit einer Körnung von 0 bis 8 mm oder 0 bis 16 mm verwendet wird. Bei diesem Sandbeet handelt es sich aufgrund der Materialstärke nicht mehr um eine reine Mulchauflage, bei der die Pflanzen von einer Mulchschicht nur bedeckt sind und Anschluss an gewachsenen Boden oder ein Substrat haben, in



Abb. 99: Bindemittelarmer Quarzsand bei den Sandsteinhöhlen in Heers im FFH-Gebiet 0203 im Harz: Heidelbergsandstein verwittert sehr rasch und bildet instabile Böschungen aus feinem Sand, der leicht erodiert. Trotzdem finden Wildbienen und andere grabende Insekten durch Kieferwurzeln stabilisierte Bereiche, die über eine Brutperiode ein stabiles Kohärentgefüge bilden.

dem sie wurzeln. Estrichsand erinnere, so der Autor, durch die Oberfläche und die größere Körnung ein wenig an ein Bachbett und schaffe eine schöne Atmosphäre. Die von HOFMANN (2022) empfohlene Körnung geht nicht auf die Sieblinie und den für die stabile Struktur wichtigen Bedarf an bindenden Feinanteilen unter 0,06 mm ein. Für bodennistende Wildbienen empfohlene Substrate bestehen jedoch aus rundkörnigen Sanden mit Feinanteilen wie z.B. schluffigem Sand (FOCKENBERG 2024). Weiter sind scharfkantige Sande oder gebrochenes Material ungeeignet, da sich die Mandibeln der Wildbienen beim Graben zu stark abnutzen. WESTRICH (2024) empfiehlt vor allem reinen Löß mit natürlicher Sedimentstruktur als Steilwandssubstrat. Die Korngrößenverteilung sollte sowohl für die Vegetationstragschicht, als auch für eine Mulchauflage so gewählt werden, dass ausreichend Feinanteile enthalten sind, damit die Mulchschicht bzw. das Substrat eine bindige und somit grabbare Struktur aufweist. Nach eigener Einschätzung entfällt bei mineralischen Korngrößen über 3 mm mit enger Sieblinienkurve der für die Reproduktion wichtige Nistraum und Wildbienen müssen, sofern vorhanden, auf weiter entfernte Flächen ausweichen, was wertvolle Ressourcen verbraucht und folglich den Reproduktionserfolg verringert. Weite Sieblinienkurven mit hohem Anteil an geringen Korngrößen von 0 bis 3 mm können wahrscheinlich besiedelt werden, wenn niedrige Anteile großer Korngrößen enthalten sind, da anzunehmen ist, dass diese in einer heterogenen Bodenstruktur von Wildbienen umgangen bzw. umgraben werden. Es gilt also, die Korngrößenverteilung des mineralischen Mulchmaterials so zu wählen, dass es strukturell bindig genug ist, um auch unter Witterungseinflüssen und damit wechselnden Bodenfeuchteverhältnissen stabil zu bleiben und gleichzeitig einen möglichst geringen Feinanteil aufweist, der das Entfernen von Beikräutern erleichtert und die Kapillarwirkung des Bodens reduziert. Um aus gartenbaulicher Sicht die positiven Effekte des Mulchens mit den Bedürfnissen endogäisch nistender Wildbienenarten zu verbinden, eignen sich also vor allem rundkörnige Sande mit Schluffanteilen und weiter Sieblinie als Mulch. Es liegen keine Forschungsergebnisse vor, die Rückschlüsse auf das Spektrum möglicher Korngrößenverteilungen durch Wildbienen

besiedelbarer Böden oder Substrate erlaubt, daher wird, basierend auf den zuvor erörterten Aussagen von ZURBUCHEN & MÜLLER (2012), FOCKENBERG (2024) und WESTRICH (2024) sowie eigenen Beobachtungen eine Annäherung an das Spektrum möglicher Sieblinien durch die Formulierung von Siebliniengrenzen erarbeitet, die sich als vorläufige Empfehlung und formulierten Forschungsbedarf versteht (Abb. 102, braune Fläche). Aus diesen Grenzen der Sieblinien für endogäisch nistende Wildbienenarten geht nicht die Einnischung der Wildbienenarten hervor, die mit Sicherheit artspezifische Grenzen der Sieblinienkurven haben und bei der Wahl des Nisthabitats durchaus einen sehr unterschiedlichen Spezialisierungsgrad aufweisen. So findet sich z.B. *Dasypoda hirtipes* in Ostwestfalen ausschließlich in Sandlandschaften und fehlt in Naturräumen, die keine Böden mit hohem Sandanteil aufweisen und zählt somit zu den Spezialisten bezogen auf die besiedelten Böden (vgl. VENNE 2024). Die vorläufigen Siebliniengrenzen sollten jedoch alle endogäisch nistenden Wildbienenarten einschließen. Folglich fördert eine hohe Diversität an Substrat- und Mulchmaterialien mit verschiedenen Sieblinien innerhalb der Siebliniengrenzen auch die Diversität der Wildbienen, weshalb keine Idealsieblinie als Empfehlung gegeben wird. Nach ZURBUCHEN & MÜLLER (2012: 61) legen 89 gefährdete Arten ihre Nester ausschließlich an vegetationslosen oder nur spärlich bewachsenen Bodenstellen an, weshalb in den Lebensbereichen der trockenen Freifläche (Fr₁) und der Steppenheide (SH) auf den Funktionstyp Bodendecker bewusst verzichtet werden kann, da der Boden bzw. die Mulchschicht auch für Wildbienenarten Nisthabitat sein kann, die nicht als Zielarten ausgewählt sind. Die entstehenden offenen Bodenstellen bleiben nur an stressbetonten Standorten ohne intensives Management vegetationsfrei oder werden lückig durch Ruderalstrategen besiedelt. Auf gut versorgten Böden im Optimum lassen sich dauerhaft vegetationsfreie Flächen nicht realisieren. Hier eignen sich aber spezielle, vegetationsfreie Module aus den zuvor beschriebenen Substraten mit einer Fläche von je 2,5 m² als Nistraum, die mit einer Tiefe von 0,5 m und einer Wurzelsperre zur Verfügung gestellt werden. Empfohlen wird, sofern realisierbar, mindestens

ein Modul pro Pflanzfläche, bzw. ein Modul pro 50 m². Unabhängig von der Intensität des Mulcheffekts kommen Pflanzungen nicht ohne regelmäßige Jätgänge aus. Der Einbau sandiger Substrate, vor allem auf den häufig im urbanen Bereich verdichteten Unterböden, fördert auch gefährdet Beikräuter wie *Equisetum arvense*. Aus einer Mulchschicht mit hohen Anteilen von Sanden können Beikräuter jedoch leichter gejätet werden, als auf schweren Ton- oder Lehmböden. Auch die Materialstärke des Mulchs bleibt mit einer Empfehlung ab 10 cm variabel, da auch die Nisttiefe artspezifisch ist. Grundsätzlich empfehlen sich mineralische Mulchauflagen vor allem für die Lebensbereiche trockene Freifläche (Fr₁), Steppenheide (SH), Dachgarten (D), Alpinum (A) und Steinanlagen (St). Erfahrungsgemäß reichert auch eine Mulchschicht ohne Nullanteil über Suffosion mit der Zeit Feinanteile aus der Luft an, die je nach Korngröße unterschiedlich schnell in tiefere Schichten eingetragen werden. Endogäisch nistende Wildbienenarten profitieren von extensiver Pflege und wenig Störung des Bodengefüges, weshalb auf Hacken und allzu häufigen Tritt in Zielarten-Mischpflanzungen verzichtet werden soll.



Abb. 100: Lebensraum von *Andrena vaga*: Das Weserufer bietet dieser auf *Salix*-Arten spezialisierten Wildbiene Pollen und offenen Boden als Nistraum. Quelle: M. LOHR



Abb. 101: Nestbau: *Andrena vaga* nistet endogäisch und besiedelt sandige und lehmige Böden. Quelle: M. LOHR

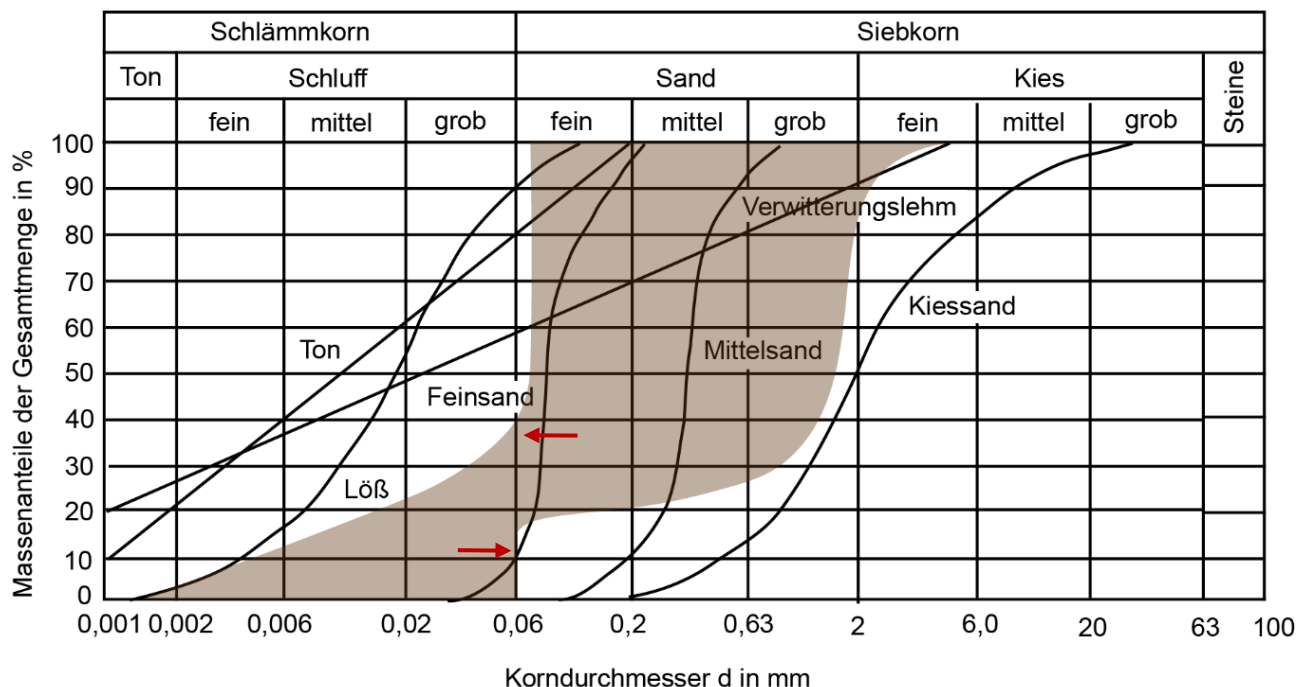


Abb. 102: Sieblinien verschiedener Böden und Annäherung an das Spektrum möglicher Sieblinien (braune Fläche) von Böden und Substraten, die endogäisch nistende Wildbienenarten als Nisthabitat dienen können. Rote Pfeile markieren die Grenzen der Massenanteile bindiger sandiger Böden nach DIN 18196 (BEUTH 2016). Weitere Grenzwerte der braunen Fläche sind hypothetisch und müssen durch Forschung belegt werden.

Zu Grunde liegende Grafik: Darstellung der Korngrößenverteilung verschiedener Böden im Siebliniendiagramm nach Wikipedia „SIEBLINIE“ (2010), verändert durch GABLER

5.7 Pflegekonzept: Sukzessionspflege

Die Pflege einer Pflanzung ist ein Thema, das oft vernachlässigt wird und nicht selten führt ein schlecht konzipiertes oder schlecht kommuniziertes Pflegekonzept zu einer nachteiligen Entwicklung einer Pflanzung. Das Pflegekonzept und ebenso seine Umsetzung bestimmen die mittel- und langfristige Entwicklung jeder Pflanzung und sollten bereits bei der Planung bedacht werden. Da sich eine Zielarten-Mischpflanzung nicht aus einer vorhersagbaren Kombination aus Pflanzenarten zusammensetzt, sondern variabel verhält, muss ein Management gefunden werden, dass den durch das intelligente Planungswerkzeug ausgegebenen Zielarten-Mischpflanzungen gerecht wird. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass sich die Zielarten-Mischpflanzungen von den bestehenden Mischpflanzungskonzepten des BdS vor allem durch den hohen Anteil an Ruderalstrategen unterscheiden, die sich in Mischpflanzungen sehr dynamisch verhalten und deren Erhaltung auch Teil des Entwicklungsziels ist, während Ruderalstrategen in anderen Mischpflanzungen vornehmlich in jungen Pflanzungen eine füllende Funktion übernehmen und im Verlauf der Sukzession mit dem Lückenschluss durch langlebige Stauden verdrängt werden. Die Intensität der Pflege sollte extensiv und damit kostengünstig sein, da Kommunen und Gemeinden ermöglicht werden soll, viele Zielarten-Mischpflanzungen im urbanen Stadtgebiet ver-

teilt umzusetzen. Darüber hinaus profitieren auch endogäisch nistende Wildbienenarten von dieser extensiven Pflege, da ihr Nistraum wenig gestört wird. Diese Ansprüche lassen sich gut mit dem geringen Ordnungsanspruch und der ohnehin hohen Dynamik von Zielarten-Mischpflanzungen vereinbaren.

Um Zielarten-Mischpflanzungen im jeweiligen Gemeindegebiet erfolgreich umzusetzen, soll ein entsprechendes Weiterbildungsseminar für städtische oder externe Pflegekräfte entwickelt werden, dass Entwicklungsziele der Zielarten-Mischpflanzungen kommuniziert und die Pflegekräfte befähigt, die Dynamik von Zielarten-Mischpflanzungen zu steuern. Dabei sollen basale pflanzensoziologische und wildbienenökologische Kenntnisse bezogen auf die Entwicklungspflege der Zielarten-Mischpflanzungen vermittelt werden. Ein digitales Datenblatt soll den Pflegekräften bei der Entwicklung der individuellen Zielarten-Mischpflanzungen als Leitfaden dienen. Hier werden wichtige Ziele formuliert und der strukturelle Aufbau der Zielarten-Mischpflanzung erläutert. Zielarten und Pflanzenarten sind über eine Linkfunktion mit der Pflanzendatenbank und Flora incognita verknüpft, sodass bei Bedarf auch vor Ort rasch Information zu einer Pflanzenart auf mobilen Endgeräten abgerufen werden kann, bspw., ob eine Pflanzenart zu starker Versamung neigt oder remontiert.

Tab. 5: Datenblatt einer Zielarten-Mischpflanzung für pflegenden Fachkräfte.

Nummer, Jahr und Anschrift der Zielarten-Mischpflanzung	Spezifische Daten
	(Beispiel: Parametersatz 1 aus Tab. 7)
Lebensbereich	FR ₁ , Fr ₂
Flächengröße	50 m ²
Zielhöhe	egal
Herkunftsziel	nur heimische Arten zulassen
Giftige Pflanzen	zulassen
Zielarten (mit Spezialisierungsgrad)	<i>Hoplitis adunca</i> (O!) <i>Andrena hattorfiana</i> (O) <i>Anthidium manicatum</i> (P)
Pollenquellen	Liste der Pollenquellen ...
Funktionstypen • Gerüstbildner • Begleitarten • Bodendecker • Frühjahrsgeophyten	Liste der Pflanzenarten nach Funktionstypen ...
Ordnungsgrad	Individuelle Eingabe: Bsp.: wegen Nähe zu Verwaltungssitz höherer Pflegestandard erwünscht



Abb. 103: Der Übergang von Fertigstellungspflege zu Entwicklungspflege ist für die Etablierung einer Mischpflanzung von enormer Bedeutung. Grundlage hierfür ist eine gute Kommunikation zwischen Planenden und Pflegenden.

Fertigstellungspflege

Die Fertigstellungspflege der Initialpflanzung orientiert sich für Ansaaten an DIN 18917 und Pflanzungen an DIN 18916 (BEUTH 2016) und unterscheidet sich nicht von anderen Mischpflanzungen (vgl. BOUILLON et al. 2013: 188; HEINRICH & MESSER 2012: 78).

Entwicklungspflege

Die Entwicklungspflege umfasst nach DIN 18919 (BEUTH 2016) während der Anwachsphase hauptsächlich das Jäten unerwünschter Beikräuter und das Wässern während ausgeprägter Trockenperioden und wird von der Erhaltungspflege abgelöst, sobald sich die Mischpflanzung nach BOUILLON et al. (2013: 193) in einem funktionsfähigen Zustand befindet (Abb. 103). Dieser funktionsfähige Zustand einer Zielarten-Mischpflanzung umfasst die Etablierung der Gerüstbildner als wichtigstes und minimales Gestaltungselement und insbesondere die Etablierung der Pollenquellen der Zielarten sowie untergeordnet die Etablierung der übrigen Funktionstypen. Bereits in der zweiten Vegetationsperiode ist eine Zunahme der Ruderalstrategen zu erwarten und muss eingegrenzt

werden, um die Etablierung der Gerüstbildner im Rahmen der Entwicklungspflege zu gewährleisten. In dieser Phase werden auch die als in Zielarten-Mischpflanzungen duldbaren Pflanzenarten (Tab. 16, Anhang) gejätet, sofern diese die Etablierung der Zielarten-Mischpflanzung stören. Die Entwicklungsphase sollte auch für sich langsam entwickelnden Stauden in der dritten Vegetationsperiode abgeschlossen sein.

Unterhaltungspflege

Die Attraktivität von Zielarten-Mischpflanzungen in Abgrenzung zu insektenfreundlichen Saatgutmischungen wird hauptsächlich durch strukturstarke Gerüstbildner gewährleistet, die unbedingt erhalten werden müssen, um den hohen Grad an Dynamik der Ruderalstrategen unter den übrigen Funktionstypen optisch zu kompensieren. Darüber hinaus werden in der Unterhaltungspflege Zielarten-Mischpflanzungen der stressbetonten Lebensbereiche trockene Freifläche (Fr₁), Steppenheide (SH), Dachgarten (D), Alpinum (A) und Steinanlagen (St) eher mit einer S-Pflegestrategie unterhalten. Konkurrenzbetonte Lebensbereiche wie frischer

bis feuchter Gehölzbereich (G₂₋₃), frischer bis feuchter Gehölzrand (GR₂₋₃), frische bis feuchte Freifläche (Fr₂₋₃) und Beet (B) werden hingegen eher mit einer C-Pflegestrategie unterhalten (BOUILLON et al. 2013: 228). Bei den Lebensbereichen trockener Gehölzbereich (G₁) und trockener Gehölzrand (GR₁) handelt es sich um stressbetonte Standorte, die aufgrund des gewünschten Bodenschlusses durch dichte Vegetation eher mit einer C-Pflegestrategie unterhalten werden sollen. Anstelle einer organischen oder mineralischen Mulchauflage soll hier der Bodenschluss vor allem durch Bodendecker gewährleistet werden. Eine S-Pflegestrategie soll zunächst die Standortfaktoren erhalten, unter welchen die gut an den Standort angepassten Stressstrategen konkurrieren können. Nährstoffzufuhr durch Anreicherung organischen Materials soll durch die Abfuhr des der Pflanzenreste erfolgen, auf Düngung und Wässerung nach der Anwuchsphase wird verzichtet. Gerüstbildner, die ausfallen, werden als nicht für den Standort geeignet erachtet und sollen durch andere gerüstbildende Pflanzenarten ersetzt werden. Grundsätzlich ist in Zielarten-Mischpflanzungen stressbetonter Lebensbereiche eine höhere

Dynamik als in Zielarten-Mischpflanzungen konkurrenzbetonter Lebensbereiche zu erwarten, da auf stressbetonten Standorten durch geringen Biomassezuwachs und lückigen Bestand Ruderalstrategen im Vorteil sind, während auf besser versorgten Böden stärkeres vegetatives Wachstum zu flächendeckendem Bewuchs führt und im Laufe der Sukzession der Anteil an Ruderalstrategen zurückgehen wird. Dieses erwartete Sukzessionsverhalten ist fester Bestandteil des extensiven Pflegekonzepts von Zielarten-Mischpflanzungen und lässt eine noch höhere Dynamik zu, als sie für die Mischpflanzungen des BdS gängige Praxis sind. Dennoch dürfen und sollen die Gemeinden das Pflanzbild auch in ihrem Sinne entwickeln und können in prominenten Bereichen wie Fußgängerzonen auch einen höheren Ordnungsgrad festlegen oder nach Bedarf kosmetische Maßnahmen ausführen. Die Empfehlungen (Tab. 6) beschreiben daher die minimalen Pflegestandards, mit der alle Zielarten-Mischpflanzungen unterhalten werden können. Das Abräumen der Pflanzenreste im Frühjahr sollte selektiv oder so spät wie möglich erfolgen, um wichtige Überwinterungsstrukturen für Insekten zu erhalten.

Tab. 6: Minimaler Pflegestandard für Zielarten-Mischpflanzungen in den stressbetonten Lebensbereichen trockene Freifläche (Fr₁), Steppenheide (SH), Dachgarten (D), Alpinum (A) und Steinanlagen (St) und den konkurrenzbetonten Lebensbereichen trockener bis feuchter Gehölzbereich (G), trockener bis feuchter Gehölzrand (GR), frische bis feuchte Freifläche (Fr₂₋₃) und Beet (B).

	Pflegestufe	Pflegeziel	Pflegemaßnahme	Jahresmonat
Unterhaltungspflege stressbetonte LB	1	Sauberkeit	Rückschnitt Laub beseitigen und abräumen Abfall beseitigen	2-3
	2	Beikrautkontrolle	Selektives Jäten nicht duldbarer Pflanzenarten	2/5/9
	3	Vitalität	-	
	4	Ordnung und Weiterentwicklung	Selektives Jäten von Sämlingen Roden und Zurücknehmen nach Bedarf Nachpflanzen von Gerüstbildnern / Pollenquellen	2/5/9
	5	Kosmetik	-	
Unterhaltungspflege konkurrenzbetonte LB	1	Sauberkeit	Rückschnitt Laub häckseln und als Mulch auf der Fläche belassen Abfall beseitigen	2-3
	2	Beikrautkontrolle	Selektives Jäten nicht duldbarer Pflanzenarten	2/5/9
	3	Vitalität	-	
	4	Ordnung und Weiterentwicklung	Selektives Jäten von Sämlingen Roden und Zurücknehmen nach Bedarf Nachpflanzen von Gerüstbildnern / Pollenquellen und Bodendeckern	2/5/9
	5	Kosmetik	-	



Abb. 104: Selektives Jäten im Schluchtwaldgarten des Botanischen Garten Höxter: Mit viel Erfahrung und Geschick werden Sämlinge der Stauden und spontan eingewanderte und gefürchtete Pflanzenarten wie *Taraxacum officinale* und *Convolvulus arvensis* entfernt. Durch regelmäßige Pflegegänge werden solche Pflanzenarten an ihrer Etablierung gehindert und das Pflanzbild erhalten.



Abb. 105: Gefürchtete Wurzelbeikräuter im Gartenbau: links: *Convolvulus arvensis* ist aufgrund starker unterirdischer Ausläufer nicht duldbar, obwohl auch zwei oligolektische Wildbienenarten hier Pollen sammeln. Gleiches gilt für die oberirdische Ausläufer bildende Pflanzenart *Ranunculus repens* (Mitte), die zwar gut gejätet werden kann, aber auf nährstoffreichen frischen Böden rasch Bestände bildet. Die Pfahlwurzel von *Taraxacum officinale* (rechts) ist beim Jäten abgebrochen und die Pflanze wird neu austreiben.

Das selektive Jäten nicht duldbarer Beikräuter ist in allen drei Pflegegängen unabhängig von der Pflegestrategie zu gewährleisten, da sich im Lauf der Sukzession sonst eine unerwünschte Begleitflora entwickelt, die rasch außer Kontrolle gerät (Abb. 106 bis Abb. 108). Etablieren sich gefürchtete Beikräuter über den Aufbau einer Samenbank oder Wurzelausläufer, ist eine spätere Regulation durch Jäten kaum mehr möglich. Durch den Beginn des selektiven Jätens im Februar werden auch Winterannuelle Beikräuter wie *Stellaria media* oder *Thlaspi arvense* entfernt, bevor sie über Versamung eine solche Samenbank aufbauen. Gezieltes Jäten bildet auch die Basis für die Regulation der Ruderalstrategen, auf die eine Zielarten-Mischpflanzung kaum verzichten kann, da sich unter den wichtigen Pollenquellen viele Ruderalstrategen befinden.



Abb. 106: *Cirsium vulgare* versamt sich reichlich und tritt bereits im vierten Standjahr massenhaft auf.



Abb. 107: *Rumex obtusifolius* ist ein gefürchtetes Ackerunkraut und hat sich im vierten Standjahr stark ausgebreitet.



Abb 108: Brachliegende insektenfreundliche Saatgutmischung im vierten Standjahr in Sabbenhausen: Neben vielen wichtigen Pollenquellen wie *Echium vulgare* und *Achillea millefolium* haben sich im Lauf der Sukzession auch im Gartenbau gefürchtete Pflanzenarten wie *Rumex obtusifolius* etabliert, die in Zielarten-Mischpflanzungen unerwünscht sind und gejätet werden müssen.

5.8 Evaluation der ausgegebenen Zielarten-Mischpflanzungen

Um das intelligente Planungswerkzeug während der Programmierung iterativ anpassen zu können, müssen die ausgegebenen Zielarten-Mischpflanzungen mit Parameter-Testsätzen getestet werden. Diese Testläufe sollen das Verhalten des intelligenten Planungswerkzeugs sichtbar machen. Nach jedem Testlauf und der iterativen Anpassung des intelligenten Planungswerkzeugs muss ein neues Set Parameter-Testsätze formuliert werden, dass sukzessive immer detailliertere Kombinationen aus Voreinstellungen abfragt, um Schwachstellen in den Verknüpfungen der Konditionen zu identifizieren (Tab. 7). Die Anzahl der Sets notwendiger Parameter-Testsätze ist davon abhängig, wie schnell das intelligente Planungswerkzeug akzeptable Ergebnisse in Form funktionierender Mischpflanzungen liefert. Die Analysen lassen bspw. bereits vermuten, dass sich für die Lebensbereiche Alpinum (A) und Steppenheide (SH) nur wenige Zielarten fördern lassen, wenn eine Zielarten-Mischpflanzung ausschließlich aus heimischen Pflanzenarten aufgebaut sein soll. Ziel dieser iterativen Prüfung und Anpassung ist eine genaue Bedarfsermittlung benötigter

Daten, um welche die Pflanzendatenbank durch den BdS ergänzt werden soll. Wird eine Prototypreife erreicht, in der das intelligente Planungswerkzeug Pflanzenarten nach allen formulierten Kriterien ohne Fehlermeldungen zusammenstellt, können Zielarten-Mischpflanzungen durch Experten evaluiert werden. Hierbei wird durch Erfahrung und Fachkenntnis bewertet, ob die Pflanzenarten in der vorgegebenen Kombination ihre Funktionen nach dem Strukturtypenaufbau erfüllen können und ob die Dauerhaftigkeit der Zielarten-Mischpflanzung unter Berücksichtigung des auf dem Standort zu erwartenden Konkurrenzverhaltens der Pflanzenarten realistisch ist. Attraktivität und Farbgebung werden über den jahreszeitlichen Verlauf bewertet. Dazu werden Zielarten-Mischpflanzungen zunächst für zwölf möglichst diverse häufige Voreinstellungskombinationen abgefragt (Tab. 8) und von Experten über einen standardisierten Fragebogen evaluiert und anschließend ausgewertet (vgl. Evaluationsbogen S.120). Durch diesen Vorgang werden Grenzen und Möglichkeiten des intelligenten Planungswerkzeugs deutlich.

Tab. 7: Parameter-Testsätze Set 1 für erste Testläufe des intelligenten Planungswerkzeugs mit Variationen in Lebensbereich, Herkunft und Zielarten im Juli 2024.

Voreinstellung	Parametersatz 1	Parametersatz 2	Parametersatz 3
1. Flächengröße [m ²]	50	50	50
2. Winterhärtezone	Z8	Z8	Z8
3. Lebensbereich	Fr ₁ , Fr ₂	Fr ₂ , Fr ₃	SH
4. pH-Wert	7-10	7-10	7-10
5. Zielhöhe der Pflanzung	egal	egal	egal
6. Giftige Pflanzen	zulassen	zulassen	zulassen
7. Herkunft	nur heimische Arten zulassen	nicht-heimische Arten zulassen	nicht-heimische Arten und Sorten zulassen
8. Bundesland	Niedersachsen	Niedersachsen	Niedersachsen
9. Zielarten	<i>Hoplitis adunca</i> (O!) <i>Andrena hattorfiana</i> (O) <i>Anthidium manicatum</i> (P)	<i>Melitta nigricans</i> (O!) <i>C. campanularum</i> (O) <i>Xylocopa violacea</i> (P)	Rote-Liste-Arten

Tab. 8: Parameter-Testsätze für die Evaluation von zwölf Zielarten-Mischpflanzungen durch Experten.

Voreinstellung	Zu evaluierende Zielarten-Mischpflanzungen											
1. Flächengröße	20 m²											
2. Winterhärte	Z8 Innenstädte und Weinbauklima											
3. Lebensbereich	Fr ₁₋₂	B ₁₋₂		S		D		GR ₁₋₂		G ₁₋₂		
4. pH-Wert	neutral bis basisch: pH 7-10								sauer bis neutral pH 4-7			
5. Zielhöhe der Pflanzung	< 80 cm				egal							
6. Giftige Pflanzen	zulassen											
7. Herkunft	Nur heimische zulassen				nicht-heimische Arten zulassen				nicht-heimische Arten und Sorten zulassen			
8. Bundesland	Niedersachsen											
9. Zielarten	Rote-Liste-Arten	Oligolektische Arten	Manuell: 3 Arten	Rote-Liste-Arten	Oligolektische Arten	Manuell: 3 Arten	Rote-Liste-Arten	Oligolektische Arten	Manuell: 3 Arten	Rote-Liste-Arten	Oligolektische Arten	Manuell: 3 Arten

Der Evaluationsbogen orientiert sich an dem durch den Arbeitskreis Pflanzenverwendung entwickelten Boniturbogen für die standardisierten Mischpflanzungen, der auf dem Boniturbogen der Sortimentssichtung beruht (persönliche Kommunikation C. SCHMIDT 2024). Der wesentliche Unterschied ergibt sich aus der Bonitur tatsächlich durchgeführter Mischpflanzungen durch den BdS im Vergleich zur theoretischen Evaluation von Zielarten-Mischpflanzungen. Evaluiert werden im Fall der Zielarten-Mischpflanzungen ausschließlich vom intelligenten Planungswerkzeug ausgegebene Pflanzenlisten, was ein hohes Maß an Erfahrung der evaluierenden Wissenschaftler und Praktiker erfordert. Über den Evaluationsbogen soll geprüft werden, ob die Pflanzenart die ihr zugewiesene Funktion erfüllt, für den Standort geeignet ist und ihr vom Standort abhängiges Konkurrenzverhalten in der Zielarten-Mischpflanzung akzeptabel ist. Das Konkurrenzverhalten wird als Koexistenzgrad erfasst. Der Koexistenzgrad ist auf die physiologischen und

anatomisch-morphologischen Eigenschaften und Merkmale der Konkurrenzkraft einer Pflanzenart nach DIERSCHKE (1994: 37) zurückzuführen. Der Koexistenzgrad beschreibt, wie sich die einzelnen Pflanzenarten in der Mischung in Konkurrenz zu ihren Nachbarpflanzen verhalten, also mit ihnen koexistieren. Ideal sind Pflanzenarten, die genügend vital sind, um nicht von Nachbarn verdrängt zu werden, aber gleichzeitig andere Pflanzenarten nicht auskonkurrieren. Diese Pflanzenarten haben einen sehr hohen, idealen Koexistenzgrad. Pflanzenarten, die sehr stark bedrängt werden oder andere Pflanzenarten stark bedrängen, werden mit einem niedrigen Koexistenzgrad bewertet (persönliche Kommunikation C. SCHMIDT 2024). Außerdem soll die Attraktivität im jahreszeitlichen Verlauf hinsichtlich farbllicher und struktureller Aspekte bewertet werden. Damit adressiert der Fragebogen sowohl pflanzensoziologische Parameter über den Strukturtypenaufbau als auch gestalterische Parameter. Qualitative und quantitative Fragen

sollen eine möglichst genaue statistische Auswertung ermöglichen und gleichzeitig ein Stimmungsbild erfassen. Der standardisierte Fragebogen soll für jede der zwölf Zielarten-Mischpflanzungen von sechs Experten unabhängig ausgefüllt werden. Als Experten gelten Mitglieder der Arbeitskreise Staudensichtung und Pflanzenverwendung, Mitglieder des BdS und wissenschaftliche Mitarbeiter der Hochschulen, die Forschungsarbeiten und Sichtungsarbeiten unterstützen (Abb. 109).

Bewertung

Die Bewertung wird separat für Pflanzenarten und für die Mischpflanzung insgesamt durchgeführt. Die fünfstufige Bewertungsskala erlaubt eine differenzierende Bewertung (vgl. Tab. 9, Evaluationsbogen Rückseite). Aus den Ergebnissen der sechs Evaluierenden werden die arithmetischen Mittelwerte gebildet und anschließend die Prozentpunkte errechnet. Die maximal zu erreichende Punktzahl der einzelnen Pflanzenarten beträgt 27. Pflanzenarten die weniger als 50 % der Punkte erreichen, werden als ungeeignet bewertet. Schlägt das intelligente Planungswerkzeug ungeeignete Pflanzenarten vor, müssen die Formulierungen der Konditionen entsprechend angepasst werden. Unter den Begleitarten kann eine ungeeignete Pflanzenart toleriert werden, sofern sie nicht deutlich konkurrenzstärker ist als die übrigen Pflanzenarten. Die Eignung der vorgeschlagenen Pflanzenarten insgesamt geht als subjektiver Wert zwischen 1 und 9 in die Bewertung der Zielarten-Mischpflanzung ein.

Die maximal zu erreichende Punktzahl der Zielarten-Mischpflanzung beträgt 81. Zielarten-Mischpflanzungen, die Gesamtpunktzahlen unter 50 % aufweisen gelten als nicht ausreichend gestaltet und funktionell. In diesem Fall müssen die gestalterisch relevanten Konditionen neu formuliert oder über neu entwickelte Parameter der Pflanzendatenbank entsprechend angepasst werden (vgl. Kapitel 6).



Abb. 109: Vorversuch für eine standardisierte insektenfreundliche Staudenmischpflanzung entwickelt von Dipl.-Ing Ute Aland mit einem vielversprechenden Sortiment im zweiten Standjahr im Freilandlabor des Botanischen Garten Höxter. Über die Bonitur der Pflanzenarten durch wissenschaftliche Mitarbeiter und Gärtner kann die Eignung von Pflanzenarten für den Standort evaluiert werden.

Tab. 9: **Evaluationsbogen** (Vorderseite)

Nummer, Jahr und Anschrift der Zielarten-Mischpflanzung

Bearbeitungshinweis: Die Fragen sind mit den Ziffern 1, 3, 5, 7 und 9 nach dem Bewertungsschlüssel zu bewerten (Rückseite)

Frage 1 Erfüllen die Pflanzenarten in Kombination mit den übrigen Pflanzenarten die ihr zugewiesene Funktion und sind für die Standortparameter der Voreinstellungen geeignet und ausreichend konkurrenzstark?

Artebene		Funktion	Standorteignung	Koexistenzgrad		
Gerüstbildner	☐	Bsp: <i>Achillea filipendulina</i>	☐	Bsp: <i>Achillea filipendulina</i>	☐	Bsp: <i>Achillea filipendulina</i>
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
Begleitarten	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
Bodendecker	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
Frühjahrs-geophyten	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
	☐	...	☐	...	☐	...
Kommentar						

Frage 2 Wie bewerten Sie die Eignung der Pflanzenarten der Zielarten-Mischpflanzung insgesamt?

Mischpflanzungsebene
☐
Kommentar

Frage 3 Wie bewerten Sie die strukturelle Attraktivität der Zielarten-Mischpflanzung im jahreszeitlichen Verlauf?

Mischpflanzungsebene			
Dezember - Februar	März - Mai	Juni- August	September - November
☐	☐	☐	☐
Kommentar			

Frage 4 Wie bewerten Sie die Farbgebung der Zielarten-Mischpflanzung im jahreszeitlichen Verlauf?

Mischpflanzungsebene			
Dezember - Februar	März - Mai	Juni- August	September - November
☐	☐	☐	☐
Kommentar			

Tab. 9: **Evaluationsbogen** (Rückseite)

Bewertungsschlüssel für den Evaluationsbogen

Artebene			Mischpflanzungsebene		
	Funktion	Standorteignung	Koexistenzgrad	Attraktivität	Farbgebung
1	sehr schlecht Art kann die Funktion nicht erfüllen	sehr schlecht Art ist für den Standort nicht geeignet	sehr gering Art ist zu dominant oder zu konkurrenzschwach für diese Mischung	ohne Zierwert Mischpflanzung zeigt keine attraktiven Aspekte durch Blüte/Struktur/Blatt	sehr schlecht Mischpflanzung ist farblich schlecht abgestimmt
3	schlecht	schlecht	gering	geringer Zierwert	schlecht
5	mittel	mittel	mittel	mittlerer Zierwert	mittel
7	gut	gut	stark	hoher Zierwert	stark
9	sehr gut Art ist geeignet, um die Funktion optimal zu erfüllen	sehr gut Art ist für den Standort optimal geeignet	sehr stark Art harmoniert mit den Pflanzpartnern und stört das Gleichgewicht nicht	sehr hoher Zierwert Mischpflanzung zeigt im jahreszeitlichen Verlauf attraktive Aspekte durch Blüte/Struktur/Blatt	sehr stark Mischpflanzung mit harmonischer oder interessanter Farbgebung

Bewertungsskala

Punkte [%]	Note	Prädikat
0 - 49.9	5,0	nicht bestanden
50 - 54.9	4,0	ausreichend
55 - 59.9	3,7	ausreichend (+)
60 - 64.9	3,3	befriedigend (-)
65 - 69.9	3,0	befriedigend
70 - 74.9	2,7	befriedigend (+)
75 - 79.9	2,3	gut (-)
80 - 84.9	2,0	gut
85 - 89.9	1,7	gut (+)
90 - 94.9	1,3	sehr gut (-)
95 - 100	1,0	sehr gut

Vergebene Note

Gesamteindruck

5.9 Zertifizierung von umgesetzten Zielarten-Mischpflanzungen

Kommunen und Gemeinden können sich eine Zielarten-Mischpflanzung als Fördermaßnahme für Wildbienen öffentlichkeitswirksam zertifizieren lassen. Eine Zielarten-Mischpflanzung wird zunächst von Experten aus den Bereichen Pflanzplanung und Wildbienenökologie geprüft, ggf. angepasst und anschließend registriert. Die Förderfähigkeit dieser Maßnahmen mit Bundes- und Landesmitteln muss noch geprüft werden. Mögliche Kriterien für die Zertifizierung sollte eine Flächenwirksamkeit von mindestens 100 m² sowie die Förderung oligolektischer bzw. in der Roten Liste als ausgestorben, verschollen, vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet, gefährdet in unbekanntem Ausmaß, auf der Vorwarnliste, als extrem selten oder mit unzureichenden Daten geführt werden. Nach der Umsetzung der Zielarten-Mischpflanzung erhält diese das Qualitätssiegel „Zielarten-Mischpflanzung“ (Abb. 110). Das Qualitätssiegel ist solange gültig, wie die Pollenquellen der Zielarten in der Zielarten-Mischpflanzung als fester Bestandteil nachgewiesen werden können oder sich im Laufe der Sukzession eine

Pflanzenarten-gemeinschaft ähnlich wertvoller Pollenquellen entwickelt hat, die erhalten wird. Implementierte Mischpflanzungen werden mit der Wildbienen-Bestimmungs-Applikation des Julius-Kühn-Institut für Bienenschutz vernetzt und sind über einen QR-Code erreichbar. Im Rahmen dieses Citizen Science-Monitorings werden von der Bevölkerung flächenspezifisch Daten zu gesichteten Wildbienenarten hochgeladen, die Rückschlüsse auf Wildbienen-Pflanze-Beziehungen und Flugzeiten zulassen und in die Datenbanken einfließen. Durch diese Beobachtungsdaten können weitere Pollenquellen von Wildbienenarten identifiziert werden, die das intelligente Planungswerkzeug bei der Konfiguration von Zielarten-Mischpflanzungen berücksichtigt. Durch diese partizipative Forschung wird nicht nur Bewusstsein für Artenschutz gesteigert, sondern auch Akzeptanz artenschutzrelevanter Maßnahmen in urbanen Räumen geschaffen.



Abb. 110: Qualitätssiegel für Zielarten-Mischpflanzungen. Erstellt mit kostenlosem Online-Logo-Editor (PEARLMOUNTAIN 2024).

6. Fazit

Zielarten-Mischpflanzungen können im Rahmen urbaner Begrünung einen Beitrag zum Artenschutz liefern. Hiervon profitieren neben Wildbienenarten als Zielarten zahlreiche andere Tierarten mit ähnlichen Habitatsansprüchen. Dabei unterscheiden sich die artenreichen Zielarten-Mischpflanzungen von anderen insektenfreundlichen Begrünungsmaßnahmen vor allem durch den Anspruch an Gestaltung und Dauerhaftigkeit durch den Aufbau über Funktionstypen kombiniert mit der Möglichkeit einer hochgradig zielgerichteten Förderung von wählbaren Wildbienenarten. Für Zielarten-Mischpflanzungen ergeben sich ähnliche Herausforderungen wie für die durch die Arbeitskreise des BdS entwickelten standardisierten Mischpflanzungen. So bietet das Konzept der Lebensbereiche mit der Erfassung standörtlicher Parameter und die Zuordnung von Pflanzenarten zu diesen Lebensbereichen nur eine grobe Differenzierung bezüglich der physiologischen und ökologischen Potenz von Pflanzenarten. Vor allem die Reaktion der Pflanzenarten auf den Standort und ihr dadurch modelliertes Konkurrenzverhalten ist komplex und nur durch sehr viel Erfahrung abschätzbar. Insbesondere die verallgemeinerte Ansprache der Bodenart und des Bodennährstoffgehalts, die das Konkurrenzverhalten von Pflanzenarten maßgeblich beeinflussen, werden vernachlässigt. Der Bestimmungsschlüssel für die Lebensbereiche (vgl. Kapitel 5.3.3) soll den Standortparameter Boden wesentlich differenzierter abfragen und können eine Bodenuntersuchung auf pH-Wert und Nährstoffgehalt bei gewachsenem Boden beinhalten. Für Substrate, die im urbanen Bereich zur Begrünung eingebaut werden und sich gleichzeitig als Nisthabitat für Wildbienen eignen sollen, müssen durch empirische Forschung Sieblineiengrenzen eruiert werden, die spezifisch genug sind, um zumindest Wildbienengruppen gezielt zu adressieren. Substrate innerhalb solcher Sieblineiengrenzen müssen von der Baustoffindustrie gezielt gemischt, ausgewiesen und vertrieben werden, um dem Trend der sterilen Granit- und Kiesschüttungen entgegenzuwirken. Die Zuordnung von Pflanzenarten zu den Geselligkeitsstufen muss überarbeitet werden (vgl. Kapitel 4.1.2). Die ausläuferbildende und äußerst konkurrenzstarke Begleitstaude

Kalimeris incisa der Geselligkeitsstufe II verdrängt auf gut nährstoff-versorgten frischen Böden andere Begleitstauden, was aus der Geselligkeitsstufe nicht ablesbar ist. Die Zuordnung zu Geselligkeitsstufe II ergibt sich aus der Empfehlung, die Staude in kleinen Trupps von 3 bis 10 Pflanzen zu verwenden (HANSEN & STAHL 1987: 67). Bei einer solch dichten Verwendung bildet *Kalimeris incisa* standortabhängig rasch flächendeckende Bestände, sofern die Nachbararten nicht ähnlich konkurrenzstark sind. Als ebenbürtiger Pflanzpartner hat sich im Botanischen Garten Höxter bspw. *Epimedium x perralchicum* 'Frohnleiten' erwiesen, während *Kalimeris incisa* in den Mischpflanzungen *Schattenzauber* und *Schatten-geflüster* nach eigener Beobachtung andere Begleitstauden und Bodendecker verdrängt (Abb. 111). Die Zuordnung zu Geselligkeitsstufen als Planungs-hilfe sollten daher eher nach der physiologischen Potenz einer Pflanzenart erfolgen. Demnach würde *Kalimeris incisa* eine höhere Geselligkeitsstufe zugewiesen.



Abb. 111: Pflanzenarten, die in Konkurrenzstärke und Ausbreitungsdrang gut zu vergesellschaften sind: *Kalimeris incisa* 'Blue Star' und *Epimedium x perralchicum* 'Frohnleiten' im Botanischen Garten Höxter im August 2024.

Die Pflanzendatenbank kann und soll aufgrund solcher Fragestellungen als umfangreiche Datensammlung gezielt entwickelt und erweitert werden, um den steigenden Anforderungen sich verändernder Standortbedingungen aufgrund von Klimaveränderungen und dem Bedarf an artenschutzrelevanten Pflanzenarten gerecht zu werden. Diese Erweiterungen umfassen sowohl pflanzenspezifische Parameter als auch Daten zu Tier-Pflanze-Beziehungen.

Pflanzenspezifische Parameter

Die Pflanzendatenbank soll um neue Pflanzenarten ergänzt werden. Zukunftsrelevante Florenregionen weisen ähnliche Winterminima bei gleichzeitig steigenden Temperaturen und längeren Dürreperioden während der Sommermonate auf, wie die Flora der Höhenzüge der Mediterraneis oder die Pannonische Forenprovinz. Die Arrealgrenzen vieler in Deutschland verbreiteter Wildbienenarten erstrecken sich in den mediterranen Raum.

Um das Konkurrenzverhalten der Pflanzenarten zu erfassen und Pflanzengemeinschaften danach abzustimmen, eignen sich die Strategietypen nach GRIME (1977), wie sie bereits in der Bioflor Datenbank von KLOTZ & DURKA (2002) für die heimische Flora Deutschlands und von Till Hofmann und Fine Molz in ihrem Online Shop „Die Staudengärtnerei“ (HOFMANN & MOLZ 2024) für viele nicht-heimische Pflanzenarten des Verwendungssortiments zugeordnet sind.

Auch gestalterische Parameter, die eine gezielte Auswahl bestimmter Strukturträger unter den Pflanzenarten und damit deren gezielte Kombination erlauben, sollen in die Pflanzendatenbank eingepflegt werden. Allzu oft wird Gestaltung auf Blütenfarbe reduziert. Wolfgang Borchert leitet ein Kapitel in seinem Gestaltungsbuch mit dem Satz ein: „Das äußere Erscheinungsbild, der „Habitus“ der Pflanze ist das wesentliche Mittel für die Gestaltung mit Pflanzen.“ (BORCHARDT 2013: 10). So schaffen trotz ähnlicher Farb-

gebung unterschiedliche Formen und Strukturen spannende Kontraste und Stimmungen (Abb. 112). In der Pflanzendatenbank sollte daher eine Spalte „Form und Struktur“ geschaffen werden, in der Pflanzenarten mindestens einer der folgenden traits zugeordnet wird: kugelig, vertikal, horizontal, bogig überhängend, weichzeichnend, lockerwolkig (Abb. 113). Für die einzelnen Funktionstypen in Zielarten-Mischpflanzungen können Konditionen formuliert werden, die gezielt Strukturen und Kontraste kombinieren, um eine wirkungsvollere Gestaltung zu erreichen.

Eine Fusion der Pflanzendatenbank mit der Gehölzdatenbank des BdB ist für Zielarten-Mischpflanzungen und andere zukünftige Projekte erstrebenswert, um auch Wildbienenarten wie *Colletes cunicularius* oder *Andrena vaga* gezielt fördern zu können, deren durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{pot}) vielfach Gehölze sind. Ebenso wird die wildbienengerechte Entwicklung der Lebensbereiche Gehölz und Gehölzrand aus bisher gehölzfreien Flächen ermöglicht.

Von rund 15.000 in der Pflanzendatenbank registrierten Taxa ist lediglich für 10.155 ein Lebensbereich eingetragen. Ebenso fehlen Angaben zu Bodenfeuchte, Geselligkeitsstufe, Lebensform, Herkunft und Winterhärte. Diese fehlenden Daten sollen eingepflegt werden,



Abb. 112: Spiel mit der Blütenform in der Gärtnerei Marx in Paderborn: *Eupatorium fistulosum* und *Sanguisorba hakusanensis* 'Lilac Squirrel' weisen zwar eine ähnliche Palette an Rosatönen auf, haben aber durch ihren unterschiedlichen Habitus eine jeweils ganz eigene Wirkung in der Freifläche.



Abb. 113: Harmonische Kontraste durch Strukturen im Botanischen Garten Höxter: Die vertikalen Blütenstände von *Veronicastrum virginicum* 'Diana' wirken vor den bogig überhängenden, schmalen, längs gestreiften Blattscheiden einer Sorte von *Miscanthus*.

damit das intelligente Planungswerkzeug diese Pflanzenarten in den Pool möglicher Pflanzenarten einbeziehen kann. Die Pflanzendatenbank bietet das Filtern von Pflanzenarten nach diesen Kriterien bereits außerhalb des intelligenten Planungswerkzeugs an, weshalb die Ergänzung der Daten ohnehin hilfreich wäre.

Tier-Pflanze-Beziehungen

Aus den Analysen und Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit ergibt sich die Empfehlung, die Pflanzendatenbank einerseits um die 511 in WESTRICH (2019: 368) durch Analysen bestätigten Pollenquellen (PQ_{best}) andererseits um die identifizierten Pflanzengattungen mit Beziehungen zu oligolektischen Wildbienen nach WESTRICH (2019: 297) mit allen relevanten Parametern zu erweitern (Tab. 15, Tab. 16 u. Tab. 17). Das Sortiment der Pflanzendatenbank soll um die Kategorien durch Analysen bestätigte Pollenquelle der Apiformes (PQA_{best}) und potenzielle Pollenquellen der Apiformes (PQA_{pot}) ergänzt werden. Die Zuordnung zu den Apiformes als Insektengruppe ermöglicht eine sukzessive Erweiterung des Zielartenspektrums, bspw. um Tagfalter. Hierzu muss den Experten der Tiergruppen der Bedarf an Daten und eine Datenformatvorlage zur Verfügung gestellt werden. Diese ökologisch

ausgerichtete Erweiterung des Verwendungssortiments ermöglicht dem BdS und den produzierenden Betrieben, dem wachsenden Bedarf an insektenfreundlichen Pflanzenarten gerecht zu werden und das Sortiment sukzessive zu erweitern.

Viele wissenschaftliche Forschungsarbeiten deuten darauf hin, dass Honigbienen und Wildbienen in hohem Maß um Pollen konkurrieren (ZURBUCHEN & MÜLLER 2012: 125; MACINNIS et al. 2023: 14; ADORF & EDELMANN 1969: 113). Als ausgesprochen polylektische Art schmälern Honigbienen im Umkreis von vielen Kilometern den Artenschutzeffekt auf die Zielarten einer Zielarten-Mischpflanzung. Neben der Nahrungskonkurrenz übertragen Honigbienen auch Infektionskrankheiten, die Wildbienenpopulationen zusätzlich schwächen können (KÖTTGEN & HUSEMANN 2024: 6). Um die Koexistenz von Wildbienen und Honigbienenenvölkern im urbanen Raum zu ermöglichen, muss eng mit ansässigen Imkern und Imkervereinen zusammengearbeitet werden, sodass Honigbienen in unmittelbarer Umgebung des Stocks eigene attraktive Pflanzenarten angeboten werden und eine möglichst große Distanz zu Zielarten-Mischpflanzungen eingehalten wird.

Für viele Wildbienenarten, insbesondere seltene und kleinräumig oder fragmentiert verbreitete Wildbienenarten liegen nur unzureichend Daten zu ihren artspezifischen Pollenquellen und etwaigen Präferenzen vor. Die Wildbienenbestimmungs-Applikation des JKI Braunschweig kann hier durch die Erhebung von Daten über ein Citizen Science-Monitoring nicht nur die Wildbienenarten erfassen, sondern gekoppelt auch deren Pollenquellen, sofern sie auf einer identifizierbaren Blüte fotografiert werden (Abb. 114). Das intelligente Planungswerkzeug wird mit wachsendem Datenvolumen in der Lage sein, spezifischer Pollenquellen für Zielarten zu identifizieren und komplexere Zielarten-Mischpflanzungen vorzuschlagen.

eine KI befähigen durch das intelligente Planungswerkzeug ausgegebene Zielarten-Mischpflanzungen zu visualisieren.

Durch die Verwendung vieler Ruderalstrategen als wichtige Pollenquellen wird sich das Pflanzbild jedoch dynamisch verhalten und in Abhängigkeit von Standort und Pflege entwickeln, was toleriert wird, sofern die gerüstbildenden Pflanzenarten die Pflanzung strukturieren und jahreszeitliche attraktive Aspekte die Akzeptanz für artenschutzrelevante Begrünung in der Bevölkerung erhöhen. Weitere Funktionstypen wie Bodendecker wirken sich vor allem auf die Pflegeintensität aus, indem sie durch hohe Deckungsgrade eine unerwünschte Begleitflora unterdrücken.

Pflanzbild und Visualisierung durch KI

Die Zusammenstellung von Trainingsdatensätzen aus gut funktionierenden Mischpflanzungen des BdS und von Experten evaluierten und optimierten Zielarten-Mischpflanzungen soll

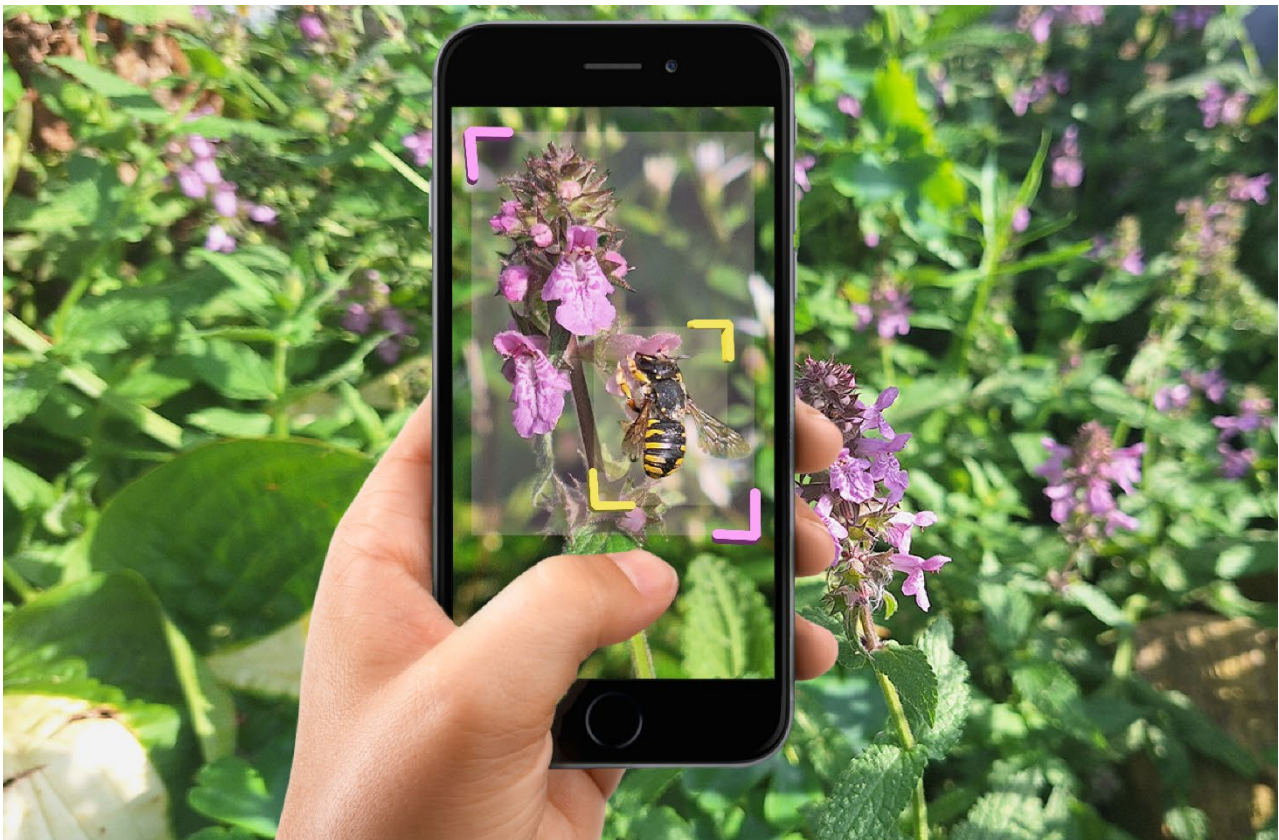


Abb. 114: Die intelligente Wildbienenbestimmungs-App des JKI erkennt sowohl die Wildbiene *Anthidium manicatum*, als auch *Stachys palustris*, also die Pflanzenart auf deren Blüte sie fotografiert wurde. Bei der Erfassung von Wildbienen auf Blüten werden Pflanzenarten als potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) erfasst und die Daten werden in die Datenbank eingespeist, auf die das intelligente Planungswerkzeug zugreift. Auf diese Art kann Citizen Science-Monitoring helfen, auch lokale Wildbienen-Pflanze-Beziehungen zu verstehen und auch seltenere potenzielle Pollenquellen (PQ_{pot}) für Zielarten-Mischpflanzungen zu identifizieren.

Grenzen

Die Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und ihrer Umwelt sind für sich betrachtet bereits unfassbar komplex. In der Profession der Pflanzenverwendung begegnet die Wissenschaft nun auch der Kunst und als Pflanzenverwender wollen wir nicht zuletzt auch durch unsere Gestaltung Pflanzungen entwickeln, die den Betrachter zum Innehalten einladen, ihn berühren. Um solche fein abgestimmten Pflanzungen mit vorausschauendem Auge zu entwickeln, ist viel Erfahrung und Kreativität nötig. Der Gartenphilosoph und Künstler Karl Förster sagte, wenn er noch einmal auf die Welt käme, würde er wieder Gärtner - und das nächste Mal auch noch. Denn für ein einziges Leben sei dieser Beruf zu groß.

Chancen

Das intelligente Planungswerkzeug kann und soll lediglich ein Mindestmaß an Gestaltung sowie eine ausreichende Funktionalität gewährleisten und kann den erfahrenden Pflanzenverwender nicht ersetzen. Umgekehrt liefert das intelligente Planungswerkzeug dem versierten Pflanzenverwender aber wichtige ökologische Informationen zu Wildbienenarten und deren Pollenquellen. Das erstellte Konzept ist auf die partizipative Planung von Flächen ausgelegt und ermöglicht, in jeder Planungsstufe eigene Expertise einzubringen. Damit eignet sich das intelligente Planungswerkzeug sowohl für Privatpersonen ohne Vorkenntnisse in Pflanzenverwendung und Zoologie, als auch für Landschaftsarchitekten, Pflanzplaner und Zoologen.



Abb. 115: Inspiration aus der Landschaft: Das wache Auge der Künstlerin und Landschaftsarchitektin Ute Aland sieht mehr als einen Pflanzenbestand. Neben den herbstfärbenden Gehölzen mit ihrem dichten Unterwuchs sind auf der Leinwand auch Stimmung und Lichtspiel festgehalten. Das Gestalten mit Pflanzen ist ein ähnlich kreativer Prozess wie die Malerei und wir verweilen vor gelungenen Pflanzungen ebenso gern wie vor einer Landschaft auf Leinwand.

Danksagung

Wann immer sich ein Mensch intensiv einem Thema widmet, gibt es einen funktionierenden Apparat im Hintergrund. Meinen Eltern Jost und Barbara Gabler danke ich also für die bedingungslose Sicherheit – stets genügt ein Anruf. Ich danke Sandra Bergemann für zahllose Stunden leuchtender Kinderaugen und Steffen Glitz für die innovative und unkonventionelle Lösung jedweder Alltagsherausforderungen. Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Antonina Pashkivska, deren Lebensgeschichte mich mit Demut erfüllt.

Für das Gelingen dieser Arbeit war die Pflanzendatenbank essenziell. Für die Bereitstellung der Daten und das mir entgegengebrachte Vertrauen danke ich dem Bund deutscher Staudengärtner, und besonders Martin Häussermann, der mich in meiner Motivation, die gewachsenen Ideen großer Vordenker der deutschen Pflanzenverwendung weiterzuentwickeln, bestärkt hat.

Ich danke dem Dekanat der TH OWL und insbesondere Prof. Dr. Ralf Steffen und Prof. Dr.-Ing. Hendrik Laue für die Chance, meine Studien wiederaufzunehmen und mir einen gangbaren Weg zu bereiten. Die Lehrenden des FB 9 haben meine Wahrnehmung für die Landschaft nachhaltig geformt und mich stets gefordert, eine kritische Haltung zu entwickeln, die mein Denken und Handeln fortan bestimmt. Das Studium der Landschaftsarchitektur ist ein Geschenk.

Albert Einstein hat das Verständnis um die Bedeutung der Wissenschaft in einen Satz gegossen:

„Wichtig ist, dass wir nie aufhören zu fragen...“

Daher danke ich meinen Betreuern Dr. Mathias Lohr und Dipl. Ing. Henri Greil sowie meiner Kollegin Dipl. Ing. Ute Aland für die zahllosen fachlichen Diskussionen, die mir helfen, immer klarer und komplexer zu fragen und auch zu hinterfragen, was ich mir allzu leichtfertig und bequem glauben möchte. Neben Wissen schaffe ich so vor allem neue Fragen.

Ich danke Janna, Jon und Finnick, die mich mit ihren einfachen und pragmatischen Fragen so oft in Erklärungsnot bringen, dass ich die vielen kleinen Details immer wieder in das große Ganze einsortieren muss. Nur so kann es gelingen, dass Theorie zu Praxis wird und Ideen auch wirklich umgesetzt werden.

Quellenverzeichnis

- ADORF L. & EDELMANN, A. (1996) Zur Problematik der Konkurrenzfrage zwischen Honigbienen (*Apis mellifera* L.) und Solitärbienen (Hymenoptera, Apoidea). – Beiträge zur 2. Wildbienen-Tagung – Schriftenr. Länderinstitut Bienenkunde Hohen Neuendorf 3: 113–115.
- BALDOCK K. C. R., GODDARD M. A., HICKS D. M., KUNIN W. E., MITSCHUNAS N., MORSE H., OSGATHORPE L. M., POTTS S. G., ROBERTSON K. M., SCOTT A. V., STANICZENKO P. P. A., STONE G. N., VAUGHAN I. P. & MEMMOTT J. (2019) Systems Approach Reveals Urban Pollinator Hotspots and Conservation Opportunities. *Nature Ecology & Evolution* 3: 363–373.
- BALFOUR N. J., CASTELLANOS M. C., GOULSON D., PHILIPPIDES A. & JOHNSON C. (2022) DoPI: The Database of Pollinator Interactions. <https://www.sussex.ac.uk/lifesci/ebe/dopi/>. Last accessed 14.07.2024.
- BARNOSKY A. D., HADLY E. A., BASCOMPTE J., BERLOW E. L., BROWN J. H., FORTELIUS M., GETZ W. M., HARTE J., HASTINGS A., MARQUET P. A., MARTINEZ N. D., MOOERS A., ROOPNARINE P., VERMEIJ G., WILLIAMS J. W., GILLESPIE R., KITZES J., MARSHALL C., MATZKE N. & SMITH A. B. (2012) Approaching a state shift in earth's biosphere. *Nature* 486: 52.
- BEUTH (2016): Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): DIN 18916 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Pflanzen und Pflanzarbeiten. Berlin.
- BOUILLON J., BOUILLON Y., BUSSE N., DUTHWEILER S., EVERT K. J., HEINS M., HOFMANN T., HÜTTENMOSE B., KÜHN N., LAUENSTEIN H., MIETH K., SEYFANG V., TISCHER S. F. & ZIMMERMANN G. (2013) Handbuch der Staudenverwendung. Fachbibliothek Grün. Hrsg. J. Bouillon. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 285 S.
- BORCHARDT W. (1998) Pflanzenkompositionen – Die Kunst der Pflanzenverwendung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 320 S.
- BORCHARDT W. (2013) Pflanzenverwendung. Das Gestaltungsbuch. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 315 S.
- BUCHHOLZ S. & EGERER M. H. (2020) Functional ecology of wild bees in cities: towards a better understanding of trait-urbanization relationships. *Biodivers. Conserv.* 29, 2779–2801.
- BUDDE J. & LUNAU, K. (2007) Rezepte für ein Pollenbrot – heute: *Osmia rufa*. – *Entomologie heute* 19: 173–179.
- BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER (2011) Staudenmischung Silbersommer. Flyer 5. Auflage, Hrsg.: Bund deutscher Staudengärtner, Arbeitskreis Pflanzenverwendung.
- BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER (2021) Insekten fördern mit Staudenmischungen. BdS legt gezielte Bewertung zur Bestäuberfreundlichkeit vor. <https://www.bund-deutscher-staudengaertner.de/fachinformationen.html?file=files/download/fachinfos/staudenmischungen/Flyer-Insekten-foerdern-mit-Staudenmischungen.pdf>. Last accessed 14.05.2024.
- BUND DEUTSCHER STAUDENGÄRTNER (2024) Mischungen. https://www.bund-deutscher-staudengaertner.de/cms/staudenverwendung/mischpflanzungen/mischungen_abfrage.php. Last accessed 10.06.2024
- BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (2022) Wie grün sind deutsche Städte? Ergebnisse einer bundesweiten Erfassung. 64. Hrsg. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn.
- BUNDESAMT FÜR JUSTIZ (2024): Baugesetzbuch (BauGB) § 202 Schutz des Mutterbodens. Hrsg.: Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz. Last accessed 17.07.2024.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2024) Gebietsfremde und invasive Arten in Deutschland. Glossar. Bonn. <https://neobiota.bfn.de/glossar.html>. Last accessed 21.08.2024.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2024) BeesUp – intelligentes Werkzeug für die Planung. <https://www.bfn.de/projektsteckbriefe/beesup-intelligentes-werkzeug-fuer-die-planung>. Last accessed 10.04.2024.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2023) Leitfaden zur Verwendung von gebietseigenem Saat- und Pflanzgut krautiger Arten in der freien Natur Deutschlands. Hinweise zur Umsetzung des § 40 Abs. 1 BNatSchG. Hrsg. BfN, Bonn. BfN-Schriften 647.
- CANE J., GARDNER D. & HARRISON P. (2011) Nectar and pollen sugars constituting larval provisions of the alfalfa leaf-cutting bee (*Megachile rotundata*) (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). *Apidologie* 42: 401–408.
- CASANELLES-ABELLA J., MÜLLER S., KELLER A., ALEIXO C., ALÓS ORTÍ M., CHIRON F., DEGUINES N., HALLIKMA T., LAANISTO L., PINHO P., SAMSON R., TRYJANOWSKI P., VAN MENDEL A., PELLISSIER L. & MORETTI M. (2021) How wild bees find a way in European cities: Pollen metabarcoding unravels multiple feeding strategies and their effects on distribution patterns in four wild bee species. *Journal of Applied Ecology* 59, doi 10.1111/1365-2664.14063.
- DIERSCHKE H. (1994) Pflanzensoziologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 683 S.
- DIETZEL S., ROJAS B. S., DICHTL A., KOLLMANN J. & FISCHER C. (2024) Winners and losers at enhanced urban roadsides: Trait-based structuring of wild bee communities at local and landscape scale. *Biological Conservation* 291, doi 10.1016/j.biocon.2024.110480.
- ELLENBERG H. (1978) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 2. völlig neu bearb. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 981 S.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WIRTH V. & WERNER W. (2001) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 3rd edition. Verlag Erich Goltze, Göttingen. 262 S.
- EPPEL-HOTZ A. (2019) Veitshöchheimer Berichte 186 (2019) Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Institut für Stadtgrün und Landschaftsbau. 73 S.
- ESSER J., FUHRMANN M. & VENNE C. (2010) Rote Liste und Gesamtartenliste der Wildbienen und Wespen (Hymenoptera: Apidae, Crabronidae, Sphecidae, Ampulicidae, Pompilidae, Vespidae, Tiphiidae, Sapygidae, Mutillidae, Chrysididae) Nordrhein-Westfalens. 1. Fassung, Stand November 2009. *Ampulex* 2: 5–60.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, GENERALSEKRETARIAT (2019) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der Europäische Grüne Deal. ECOM/2019/640 final. 29. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF. Last accessed 09.06.2024.

- FELDERHOFF J., GATHOF A., BUCHHOLZ S. & EGERER M. (2022) Vegetation complexity and nesting resource availability predict bee diversity and functional traits in community gardens. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America* 33, doi 10.1002/eap.2759.
- FLL – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (2018) Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen: Dachbegrünungsrichtlinie. 6. Ausgabe. Bonn. 158 S.
- FLL – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (2005) Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung. 1. Auflage, Ersatz für Ausgabe 2000. Bonn. 47 S.
- FOCKENBERG V. (2024) Steilwände für Wildbienen und Einsiedlerwespen. <https://www.wildbiene.com>. Last accessed 16.07.2024.
- FÖHN M. (2005) Integrierte Pflanzsysteme: Stauden plus Einsaaten. *Gartenpraxis* 2005(9): 18–22.
- FRANZÉN M., STENMARK M. & NILSSON S. (2007) Small local population sizes and high habitat patch fidelity in a specialised solitary bee. *Journal of Insect Conservation* 13: 89–95. Doi 10.1007/s10841-007-9123-4.
- FRANZÉN M., LARSSON M. & NILSSON S. (2009) Small local population sizes and high habitat patch fidelity in a specialised solitary bee. *Journal of Insect Conservation* 13(1): 89–95.
- GAISSMAYER (2024) Achillea – Schafgarbe. <https://www.gaissmayer.de/web/shop/pflanzen-sortiment/stauden/stauden-von-a-bis-d/achillea-schafgarbe/362/>. Last accessed 27.07.2024.
- GAISSMAYER (2024b) Lexikon: Die Lebensbereiche. <https://www.gaissmayer.de/web/shop/gestaltung/lebensbereiche/176/>. Last accessed 03.07.2024.
- GEIGER W. & DREISEITL H. (2001) Neue Wege für das Regenwasser: Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. 2. Aufl. Oldenbourg-Verlag GmbH, München.
- GÖTZ H., HÄUSSERMANN M. & SIEBER J. (2011) Die Stauden DVD. 5. Auflage. Herausgegeben vom Bund deutscher Staudengärtner. Verlag Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- GÖTZ H., HÄUSSERMANN M. & SIEBER J. (2024) Die aktuelle Pflanzendatenbank. Unveröffentlicht.
- GRIFFIN S.R. & HADD N.M. (2021) Connectivity and edge effects increase bee colonization in an experimentally fragmented landscape. *Ecography* 44 (6): 817–974.
- GRIME J. (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111 (982): 1169–1194.
- GRIME J.P., HODGSON J.G. & HUNT R. (1988) *Comparative Plant Ecology*. Springer Science+Business Media Oordrecht, London.
- HALLMANN CA., SORG M., JONGEJANS E., SIEPEL H., HOFLAND N., SCHWAN H., STENMANS W., MÜLLER A., SUMSER H., HÖRREN T., GOULSON D. & DE KROON H. (2017) More than 75 percent decline over 727 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10):e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>. Last accessed 09.06.2024.
- HANSEN R. & STAHL F. (1987) Die Stauden und ihre Lebensbereiche. 3. überarbeitete Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 572 S.
- HANSEN R. & STAHL F. (2016) Die Stauden und ihre Lebensbereiche. 6. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 592 S.
- HEINRICH A. & MESSER U. J. (2012) Staudenmischpflanzungen, Praxis, Beispiele, Tendenzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 223 S.
- HEINZE W. & SCHREIBER D. (1984) Eine neue Kartierung der Winterhärtezonen für Gehölze in Mitteleuropa. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 75: 11–56.
- HERFORT S. & PFLANZ K. (2021) Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP). Hrsg.: Bundesverband GebäudeGrün e.V. (BuGG). 48 S.
- HOFMANN T. (2022) Gärtnern mit dem Klimawandel. Staudenpflanzung im Sandbeet – Praxistipp von Till Hofmann. *Gartenpraxis* 10.05.22. Last accessed 16.07.2024
- HOFMANN T. & MOLZ F. (2024) Die Staudengärtnerei. <https://www.die-staudengaertnerei.de>. Last accessed 06.08.2024.
- HS WEIHENSTEPHAN-TRIEDS DORF (2022) Lythrum-Sichtung. <https://www.staudensichtung.de/lythrum.html>. Last accessed 05.06.2024.
- KIRCHER W., MESSER U., FENZL J., HEINS M. & DUNNETT N. (2014) Development of Randomly Mixed Perennial Plantings and Application Approaches for Planting Design. https://www.researchgate.net/publication/265350206_Development_of_Randomly_Mixed_Perennial_Plantings_and_Application_Approaches_for_Planting_Design#fullTextFileContent. Last accessed 09.06.2024.
- KLOTZ S. & DURKA W. (2002) BIOLFLOR. Eine Datenbank zu biologisch ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- KÖTTGEN S. & HUSEMANN M. (2023) Zum Konflikt zwischen Honigbienen und Wildbienen – vor allem in der Stadt. *Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg NF* 54: 131–144..
- KUNIK W. (1999) „Wildstaudenhügel“ und „Wildwiesen“ auf dem kleinen Cracauer Anger. *Neue Landschaft* 44 (3): 164–168.
- KÜHN N. (2011) Neue Staudenverwendung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 329 S.
- KUPPLER J., NEUMÜLLER U., MAYR A., HOPFENMÜLLER S., WEISS K., PROSI R., SCHANOWSKI A., SCHWENNINGER H. R., AYASSE M. & BURGER H. (2023) Favourite plants of wild bees. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 342. 108266. 10.1016/j.agee.2022.108266.
- LANDOLT E., BÄUMLER B., EHRHARDT A., HEGG O., KLÖTZLI F., LÄMMLER W., NOBIS M., RUDMANN-MAURER K., SCHWEINGRUBER F., THEURILLAT J.-P., URMI E., VUST M. & WOHLGEMUTH T. (2010) Flora Indicativa – Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt, Bern.
- LANNER J., KRATSCHEMER S., PETROVIC B., GAULHOFER F., MEIMBERG H. & PACHINGER B. (2020) City Dwelling Wild Bees: How Communal Gardens Promote Species Richness. *Urban Ecosystem* 23: 271–288.
- LARSSON M. (2006) To bee or not to be. Critical Floral Resources of Wild-bees. Dissertation Uppsala Universität. Acta Universitatis Upsaliensis. 33 S.
- LARSSON M. & FRANZÉN M. (2007) Critical resource levels of pollen for the declining bee *Andrena hattorfiana* (Hymenoptera, Andrenidae). *Biological Conservation* 134: 405–414.

- LVG HEIDELBERG (2024a) Projekt Urbane Biodiversität– Sicherung und Förderung der Artenvielfalt und Biodiversität im urbanen Raum: Vorläufige Ergebnisse aus 2022. Hrsg.: Sicherung und Förderung der Artenvielfalt und Biodiversität im urbanen Raum 7.
- LVG HEIDELBERG (2024b): Zuflugsfinder online. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG) Heidelberg, Landesanstalt für Bienenkunde Universität Hohenheim. <https://lvg-zuflugsfinder.de/#Liste?Jahr=alle&Gattung=alle&start=true>. Last accessed 14.07.2024.
- MACINNIS G., NORMANDIN É. & ZITER C. (2023) Decline in wild bee species richness associated with honey bee (*Apis mellifera* L.) abundance in an urban ecosystem. Doi 10.7717/peerj.14699. <https://peerj.com/articles/14699/>. Last accessed 14.05.2024.
- MAHABADI M. (2001) Regenwasserversickerung. Planungsgrundsätze und Bauweisen. Thalacker Medien, Braunschweig. 168 S.
- MESSER U.J. (2008) PhD-thesis: Studies on the development and assessment of perennial plantings mixtures. Sheffield University, Department of Landscape, Sheffield (UK).
- MEILINGER V., GARCIA SOLER N. & VETTER A. (2024) Ziele und Politikinstrumente für klimaresiliente Schwammstädte. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken – AdNEB“. Hrsg.: Umweltbundesamt, Fachgebiet 1.6, Dessau-Roßlau. 36 S.
- METZING D., GARVE E., MATZKE-HAJEK G., ADLER J., BLEEKER W., BREUNIG T., CASPARI S., DUNKEL F.G., FRITSCH R., GOTTSCHLICH G., GREGOR T., HAND R., HAUCK M., KORSCH H., MEIEROTT L., MEYER N., RENKER C., ROMAHN K., SCHULZ D., TÄUBER T., UHLEMANN I., WELK E., VAN DE WEYER K., WÖRZ A., ZAHLHEIMER W., ZEHE A. & ZIMMERMANN F. (2018) Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. – In: Metzling D., Hofbauer N., Ludwig G. & Matzke-Hajek G. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 7: Pflanzen. – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (7): 13–358.
- MICHEZ D., RADCHENKO V., MACADAM C., WILKINS V., RASER J. & HOCHKIRCH A. (2023) Teasel-plant specialised bees in Europe - Conservation action plan 2023-2030. Publication prepared for the European Commission within the framework of the contract No 07.0202/2020/839411/SER/ENV.0.2 81. 10.2779/191765.
- MÜLLER A., DIENER S., SCHNYDER S., STUTZ K., SEDIVY C. & DORN S. (2006) Quantitative pollen requirements of solitary bees: Implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation* 130: 604-615.
- NEHRING S. & KOWARIK I. (2023) Die invasiven gebietsfremden Arten der Unionsliste der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 –Dritte Fortschreibung 2022. Hrsg. BfN Bonn. 214 S.
- NEHRING S., SKOWRONEK S., RABITSCH W. & ESSL F. (2013) Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352. Hrsg. BfN Bonn. 204 S.
- NOLTE O. (2019) „Insektensterben“ - Notwendigkeit einer differenzierteren Betrachtung und Ableitung von Handlungsfeldern für Entomologen. DGaE-Nachrichten 33 (1).
- PEARLMOUNTAIN (2024): Kostenloser Online-Logo-Edito. <https://www.designevo.com/de/>. Last accessed 21.07.2024.
- PELLETIER D. & FORREST J. (2022) Pollen specialisation is associated with later phenology in *Osmia* bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Ecological Entomology* 48 (2). Doi 10.1111/een.13211.
- PRAZ C. J., MÜLLER A. & DORN S. (2008) Specialized bees fail to develop on non-hostpollen: do plants chemically protect their pollen? – *Ecology* 89: 795–804.
- PROSI-CAD (2024) Wildbienenkataster. Homepage. Hrsg.: Prosi-CAD Crailsheim. Last accessed 14.07.2024.
- RAHIMI E. & JUNG C. (2024) Global Trends in Climate Suitability of Bees: Ups and Downs in a Warming World. *Insects* 15: 127. <https://doi.org/10.3390/insects15020127>. Last accessed 10.04.2024.
- RAUNKJÆR C (1934) The Life Forms Of Plants And Statistical Plant Geography. At The Clarendon Press, Oxford. 721 S.
- RAST 06 (2008) Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RAST 06. Korrigierter Nachdruck. FGSV 200 RAST 06. 140.
- REIF J. & HÄRTEL W. (2016) Foerster-Stauden Kompendium. 8. Aufl. Hrsg. Foerster-Stauden GmbH, Potsdam.
- REY A., NEUMEYER R., HELLER P., FREY D., VOGEL E. & SOMMERHALDER J. (2022) Bee-Finder. Unterstütze lokale Wildbienen! <https://bee-finder.ch/de/>. Last accessed 14.07.2024.
- ROBERGE J.M. & ANGELSTAM P. (2004) Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. *Conservation Biology* 18: 76-85. Doi 10.1111/j.1523-1739.2004.00450.x.
- RICKETTS T.H., REGETZ J., STEFFAN-DEWENTER I., CUNNINGHAM S.A., KREMEN C., BOGDANSKI A., GEMMILL-HERREN B., GREENLEAF S.S., KLEIN A.M., MAYFIELD M.M., MORANDIN L.A., OCHIENG' A. & VIANA B.F. (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns. *Ecology Letters* 11 (5): 419-531.
- SCHEFFER F. & SCHACHTSCHABEL P. (2017) Lehrbuch der Bodenkunde. 17., überarbeitete und ergänzte Auflage. Verlag Springer Spektrum, Berlin. 749 S.
- SCHEUCHL E., SCHWENNINGER H. R., BURGER R., DIESTELHORST O., KUHLMANN M., SAURE C., SCHMID-EGGER C. & SILLÓ N. (2023) Die Wildbienenarten Deutschlands – Kritisches Verzeichnis und aktualisierte Checkliste der Wildbienen Deutschlands (Hymenoptera, Anthophila). *Anthophila* 1: 25-138.
- SCHRÖDER R., JESCHKE D., WALKER R. & KIEHL K. (2021) Extensive Dachbegrünung mit gebietseigenen Wildpflanzen am Beispiel Nordwestdeutschlands - ein Leitfaden für die Praxis. Hochschule Osnabrück.
- SELTMANN K.C., GLOBAL BIOTIC INTERACTION COMMUNITY (2024) Global Bee Interaction Data (v2.02) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6564718>. Last accessed 14.07.2024.
- „SIEBLINIE“ (2010) In Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/Sieblinie#/media/Datei:Kornverteilung.svg>. Last accessed 17.07.2024.
- SPENCER T. (2019) Future Nature: Reconnecting Plants and People. The New Perennialist. Explorations in Naturalistic Planting Design. <https://www.thenewperennialist.com/future-nature-reconnecting-plants-and-people/>. Last accessed 30.06.2024.

- STIFTUNG FÜR MENSCH UND UMWELT (2024) Deutschland summt. Umweltforum für Aktion und Zusammenarbeit e. V. <https://www.deutschland-summt.de/>. Last accessed 04.06.2024.
- STORK N.E. (2018) How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annual Review of Entomology* 63: 31–45.
- UMWELTBUNDESAMT (2023) Klimafolgen: Handlungsfeld Biologische Vielfalt. Veränderung der Länge der Vegetationsperiode und der Phänologie. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-biologische-vielfalt#veränderung-der-länge-der-vegetationsperiode-und-der-phanologie>. Last accessed 26.04.2024.
- VENNE C. (2024) *Dasypoda hirtipes* (Fabricius, 1793). http://stechimmen-owl.de/sites/artinfos/Dasypoda_hirtipes.html. Last accessed 26.07.2024.
- VOSKUHL J. & ZUCCHI H. (2020) Wildbienen in der Stadt. Entdecken, Beobachten, Schützen. 1. Aufl. Haupt-Verlag, Bern. 256 S.
- WAGENITZ G. (2003) Wörterbuch der Botanik. 2. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin. 552 S.
- WESTRICH P. (2018) Die Wildbienen Deutschlands. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WESTRICH P. (2019) Die Wildbienen Deutschlands. 2. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WESTRICH P., FROMMER U., MANDERY K., RIEMANN H., RUHNKE H., SAURE C. & VOITH J. (2011) Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera: Apidae) Deutschlands. – In: Binot-Hafke M., Balzer S., Becker N., Gruttke H., Haupt H., Hofbauer N., Ludwig G., Matzke-Hajek G. & Strauch M. (Red.) Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3): 373–416.
- WESTRICH (2024) Verbesserung der Nistmöglichkeiten – Förderung von Steilwandbewohnern. https://www.wildbienen.info/artenschutz/nisthilfen_05.php. Last accessed 16.07.2024.
- WEBER M., DIEKÖTTER T., DIETZSCH A., ERLER S., GREIL H., JÜTTE T., KRAHNER A. & PISTORIUS J. (2023) Urban wild bees benefit from flower-rich anthropogenic land use depending on bee trait and scale. *Landscape Ecology* 38: 1–19. Doi 10.1007/s10980-023-01755-2.
- WEBER E. (2024) Gertrude Jekyll. Künstlerin, Gärtnerin, Handwerkerin. <https://www.gaissmayer.de/web/welt/gartenmagazin/gertrude-jekyll/>. Last accessed 14.06.2024.
- WIESBAUER H. (2024) Wilde Bienen - Biologie, Lebensraumdynamik und Gefährdung. 3. erw. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ZURBUCHEN A. & MÜLLER A. (2012) Wildbienenenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis. Bristol Schriftenreihe Band 33. Haupt Verlag, Bern. 162 S.
- ZURBUCHEN A., LANDERT L., KLAIBER J., MÜLLER A., HEIN S. & DORN S. (2010a) Maximum Foraging Ranges in Solitary Bees: Only Few Individuals have the Capability to Cover Long Foraging Distances. *Biological Conservation* 143: 669–676. Doi 10.1016/j.biocon.2009.12.003.
- ZURBUCHEN A., MÜLLER A. & DORN S. (2010b) Kurze Flugdistanzen zwischen Nist- und Nahrungshabitaten fördern eine reiche Wildbienenfauna. *Agrarforschung Schweiz* 1 (10): 360–365.
- ZURBUCHEN A., BACHOFEN C., MÜLLER A., HEIN S. & DORN S. (2010c) Are landscape structures insurmountable barriers for foraging bees? A mark-recapture study with two solitary pollen specialist species. *Apidologie* 41: 497–508.

Anhang

Tab. 10: Mischpflanzungen des BdS mit zugeordneten Lebensbereichen und Lebensbereichskategorien, • = Zuordnungen durch HEINRICH & MESSER (2012: 40).

Nr	Name der Mischpflanzung	Lebensbereich (LB)	LB-Kategorie
1	Blütenchill - Perennemix® •	GR ₁ , GR ₂	4
2	Blütenflamme - Perennemix® •	Fr ₁ , Fr ₂	2
3	Blütenmosaik – Veitshöchheimer Mischung •	SH, Fr ₁ , Fr ₂	2
4	Bernburger Blütensaum (exotisch) - Perennemix®	Gr ₁ , Gr ₂	4
5	Heimischer Blütensaum - Perennemix® •	Gr ₁ , GR ₂	4
6	Thüringer Blütensaum - Erfurter Mischung •	GR ₁ , GR ₂	4
7	Veitshöchheimer Blütensaum Veitshöchheimer Mischung	GR ₁ , GR ₂	4
8	Blütenschatten - Perennemix® •	G ₁ , G ₂	5
9	Blütenschleier - Perennemix® •	SH, Fr ₁	1
10	Blütenserenade - Perennemix® •	GR ₁ , GR ₂	4
11	Heimische Blütensteppe - Perennemix® •	SH, Fr ₁	1
12	Blütenraum – Veitshöchheimer Mischung •	SH, Fr ₁	1
13	Blütenwandel (heimisch) - Perennemix®	Gr ₁ , GR ₂ , G ₁ , G ₂	4, 5
14	Blütenwandel (exotisch) - Perennemix® •	G ₁ , GR ₁	4
15	Heimischer Blütenwinter - Perennemix® •	G ₁ , GR ₁	4
16	Blütenwinter halbschattig - Perennemix® •	G ₁ , G ₂	5
17	Blütenwinter sonnig - Perennemix® •	Fr ₁ , Fr ₂ , GR ₁ , GR ₂	2, 4
18	Blütenwooge (mit Sommermäh) - Perennemix® •	SH, Fr ₁	1
19	Blütenwucht - Perennemix® •	Fr ₁ , GR ₁	2, 4
20	Blütenzauber – Veitshöchheimer Mischung •	SH, Fr ₁	1
21	Farbensaum – Veitshöchheimer Mischung •	GR ₁ , GR ₂	4
22	Farbenspiel – Veitshöchheimer Mischung •	SH, Fr ₁	1
23	Feuer und Flamme - Erfurter Mischung • (teilweise aus Analysen exkludiert)	Fr ₁ , Fr ₂	2
24	Filigran	GR ₁ , G ₁	4, 5
25	Indian Sunset – Wädenswiler Mischung •	Fr ₁ , Fr ₂	2, 3
26	Indianersommer - Weinheimer Präriemischung •	SH, Fr ₁ , Fr ₂	1
27	Licht & leicht	GR ₁	4
28	Natürlich & robust	G ₁ , GR ₁	4, 5
29	Pink Paradise – Wädenswiler Mischung •	Fr ₂ , Fr ₃	3
30	Präriemorgen - Weinheimer Präriemischung •	SH, Fr ₁ , Fr ₂	1
31	Präriesommer - Weinheimer Präriemischung •	FR ₁ , Fr ₂	1, 2
32	Schattenglanz	Gr ₁ , GR ₂ , G ₁ , G ₂	4, 5
33	Schattengeflüster	Gr ₁ , GR ₂ , G ₁ , G ₂	4, 5
34	Schattenzauber	GR ₂ , G ₂	4, 5
35	Silbersommer •	SH, Fr ₁	1
36	Sommernachtstraum – Wädenswiler Mischung •	Fr ₁ , Fr ₂	2
37	Sommerwind – Wädenswiler Mischung •	SH, Fr ₁	1
38	Spotlights	GR ₂ , G ₂	4, 5
39	Tanz der Gräser - Erfurter Mischung •	SH, Fr ₁	1
40	Winterglanz	GR ₁	4
41	Wintergold	G ₁ , GR ₁	4, 5
42	Winterharmonie	G ₂ , GR ₂	4, 5
43	Wintersilber	GR ₂ , G ₂	4, 5

Tab. 11: Flugzeiten oligolektischer Wildbienenarten aus den Artmonografien aus WESTRICH (2019).

Wildbienenart	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
<i>Andrena aberrans</i> , Eversmann 1852		x	x	x	x			
<i>Andrena agilissima</i> , (Scopoli 1770)				x	x	x		
<i>Andrena apicata</i> , Smith 1847	x	x	x	x				
<i>Andrena chrysopus</i> , Pérez 1903				x	x	x		
<i>Andrena clarkella</i> , (Kirby 1802)	x	x	x	x				
<i>Andrena curvungula</i> , Thomson 1870				x	x	x		
<i>Andrena denticulata</i> , (Kirby 1802)						x	x	x
<i>Andrena distinguenda</i> , Schenck 1871		x	x	x	x			
<i>Andrena ferox</i> , Smith 1847			x	x	x	x		
<i>Andrena florea</i> , Fabricius 1793				x	x	x	x	
<i>Andrena fulvago</i> , (Christ 1791)				x	x	x		
<i>Andrena fuscipes</i> , (Kirby 1802)						x	x	x
<i>Andrena gelriae</i> , van der Vecht 1927				x	x	x	x	
<i>Andrena granulosa</i> , Pérez 1902				x	x	x		
<i>Andrena hattorfiana</i> , (Fabricius 1775)			x	x	x	x	x	x
<i>Andrena humilis</i> , Imhoff 1832			x	x	x	x		
<i>Andrena intermedia</i> , Thomson 1870				x	x	x	x	
<i>Andrena labialis</i> , (Kirby 1802)				x	x	x		
<i>Andrena lagopus</i> , (Latreille 1809)			x	x	x			
<i>Andrena lapponica</i> , Zetterstedt 1838			x	x	x	x		
<i>Andrena lathyri</i> , Alfken 1899			x	x	x			
<i>Andrena marginata</i> , Fabricius 1776						x	x	x
<i>Andrena mitis</i> , Schmiedeknecht 1883	x	x	x	x				
<i>Andrena nasuta</i> , Giraud 1863				x	x	x		
<i>Andrena nigroolivacea</i> , Dours 1873		x	x	x				
<i>Andrena nitidiuscula</i> , Schenck 1853				x	x	x	x	
<i>Andrena nitidula</i> , Pérez 1903								
<i>Andrena niveata</i> , Friese 1887				x	x	x		
<i>Andrena nuptialis</i> , Pérez 1902					x	x	x	x
<i>Andrena nycthemera</i> , Imhoff 1868	x	x	x					
<i>Andrena pallitarsis</i> , Pérez 1903						x	x	x
<i>Andrena pandellei</i> , Pérez 1895				x	x	x		
<i>Andrena paucisquama</i> , Noskiewicz 1924				x	x	x		
<i>Andrena polita</i> , Smith 1847				x	x	x	x	x
<i>Andrena potentillae</i> , Panzer 1809	x	x	x	x	x			
<i>Andrena praecox</i> , (Scopoli 1763)	x	x	x	x				
<i>Andrena proxima</i> , (Kirby 1802)				x	x	x	x	
<i>Andrena rhenana</i> , Stoeckhert 1930		x	x	x				
<i>Andrena rosae</i> , Panzer 1801					x	x	x	x
<i>Andrena ruficrus</i> , Nylander 1848	x	x	x	x				
<i>Andrena rufizona</i> , Imhoff 1834					x	x	x	
<i>Andrena saxonica</i> , Stoeckhert 1935				x	x	x	x	
<i>Andrena sericata</i> , Imhoff 1868		x	x	x	x			
<i>Andrena similis</i> , Smith 1849				x	x	x	x	
<i>Andrena suerinensis</i> , Friese 1884				x	x	x		
<i>Andrena symphyti</i> , Schmiedeknecht 1883		x	x	x	x			
<i>Andrena taraxaci</i> , Giraud 1861		x	x	x	x			
<i>Andrena tarsata</i> , Nylander 1848					x	x	x	x

Wildbienenart	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
<i>Andrena tscheki</i> , Morawitz 1872		x	x	x	x			
<i>Andrena vaga</i> , Panzer 1799	x	x	x	x				
<i>Andrena ventralis</i> , Imhoff 1832		x	x	x	x			
<i>Andrena viridescens</i> , Viereck 1916			x	x	x			
<i>Andrena wilkella</i> , (Kirby 1802)				x	x	x		
<i>Anthidium byssinum</i> , (Panzer 1798)					x	x	x	x
<i>Anthidium melanurum</i> , Klug 1832								
<i>Anthidium montanum</i> , Morawitz 1864					x	x	x	x
<i>Anthidium nanum</i> , Mocsáry 1879						x	x	x
<i>Anthidium tenellum</i> , Mocsáry 1879					x	x	x	x
<i>Anthophora furcata</i> , (Panzer 1798)					x	x	x	x
<i>Bombus gerstaeckeri</i> , Morawitz 1882					x	x	x	x
<i>Chelostoma campanularum</i> , (Kirby 1802)						x	x	x
<i>Chelostoma distinctum</i> , (Stoeckhert 1929)					x	x	x	x
<i>Chelostoma florissomne</i> , (Linnaeus 1758)				x	x	x		
<i>Chelostoma foveolatum</i> , (Morawitz 1868)					x	x	x	x
<i>Chelostoma rapunculi</i> , (Lepeletier 1841)					x	x	x	x
<i>Colletes collaris</i> , Dours 1872							x	x
<i>Colletes daviesanus</i> , Smith 1846					x	x	x	x
<i>Colletes fodiens</i> , (Geoffroy 1785)						x	x	x
<i>Colletes halophilus</i> , Verhoeff 1944							x	x
<i>Colletes hederæ</i> , Schmidt & Westrich 1993							x	x
<i>Colletes hylaeiformis</i> , Eversmann 1852						x	x	x
<i>Colletes marginatus</i> , Smith 1846						x	x	x
<i>Colletes mlokosewiczii</i> , Radoszkowski 1891					x	x	x	
<i>Colletes nasutus</i> , Smith 1853					x	x	x	x
<i>Colletes similis</i> , Schenck 1853					x	x	x	x
<i>Colletes succinctus</i> , (Linnaeus 1758)						x	x	x
<i>Dasypoda argentata</i> , (Panzer 1809)				x	x	x	x	x
<i>Dasypoda hirtipes</i> , (Fabricius 1793)					x	x	x	x
<i>Dasypoda morawitzii</i> , Radchenko 2016					x	x	x	x
<i>Dasypoda suripes</i> , (Christ 1791)					x	x	x	x
<i>Dufourea dentiventris</i> , (Nylander 1848)						x	x	x
<i>Dufourea halictula</i> , (Nylander 1852)					x	x	x	
<i>Dufourea inermis</i> , (Nylander 1848)						x	x	x
<i>Dufourea minuta</i> , Lepeletier 1841						x	x	x
<i>Eucera alticincta</i> , (Lepeletier 1841)						x	x	x
<i>Eucera cineraria</i> , Eversmann 1852				x	x	x	x	x
<i>Eucera dentata</i> , Germar 1839					x	x	x	x
<i>Eucera interrupta</i> , Baer 1850			x	x	x	x	x	
<i>Eucera longicornis</i> , (Linnaeus 1758)				x	x	x		
<i>Eucera macroglossa</i> , Illiger 1806						x	x	x
<i>Eucera nigrescens</i> , Pérez 1879			x	x	x			
<i>Eucera salicariae</i> , (Lepeletier 1841)						x	x	x
<i>Heriades crenulatus</i> , Nylander 1856					x	x	x	x
<i>Heriades rubicola</i> , Pérez 1890				x	x	x	x	x
<i>Heriades truncorum</i> , (Linnaeus 1758)					x	x	x	x
<i>Hylaeus nigrinus</i> , (Fabricius 1798)				x	x	x	x	x

Wildbienenart	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt
<i>Hylaeus punctulatissimus</i> , Smith 1842				x	x	x	x	
<i>Hylaeus signatus</i> , (Panzer 1798)				x	x	x	x	x
<i>Lasioglossum costulatum</i> , (Kriechbaumer 1873)		x	x	x	x	x	x	x
<i>Lithurgus chrysurus</i> , Fonscolombe 1834					x	x	x	
<i>Macropis europaea</i> , Warncke 1973					x	x	x	x
<i>Macropis fulvipes</i> , (Fabricius 1804)				x	x	x		
<i>Megachile ericetorum</i> , Lepeletier 1841				x	x	x		
<i>Megachile lapponica</i> , Thomson 1872				x	x	x		
<i>Melitta dimidiata</i> , Morawitz 1876			x	x	x			
<i>Melitta haemorrhoidalis</i> , (Fabricius 1775)						x	x	x
<i>Melitta leporina</i> , (Panzer 1799)					x	x	x	
<i>Melitta melanura</i> , (Nylander 1852)				x	x	x	x	x
<i>Melitta nigricans</i> , Alfken 1905					x	x	x	
<i>Melitta tricineta</i> , Kirby 1802						x	x	x
<i>Melitturga clavicornis</i> , (Latreille 1806)				x	x	x	x	
<i>Osmia acuticornis</i> , Dufour & Perris 1840				x	x	x		
<i>Hoplitis adunca</i> , (Panzer 1798)				x	x	x		
<i>Osmia anthocopoides</i> , Schenck 1853				x	x			
<i>Osmia brevicornis</i> , (Fabricius 1798)		x	x	x				
<i>Osmia cerinthidis</i> , Morawitz 1876			x	x	x			
<i>Osmia gallarum</i> , Spinola 1808			x	x	x			
<i>Osmia inermis</i> , (Zetterstedt 1838)			x	x	x			
<i>Osmia labialis</i> , Pérez 1879			x	x	x	x	x	
<i>Osmia leaiana</i> , (Kirby 1802)				x	x	x		
<i>Osmia lepeletieri</i> , Pérez 1879				x	x	x		
<i>Osmia loti</i> , Morawitz 1867				x	x	x		
<i>Osmia mitis</i> , Nylander 1852			x	x	x	x	x	
<i>Osmia niveata</i> , (Fabricius 1804)				x	x			
<i>Osmia parietina</i> , Curtis 1828			x	x	x	x		
<i>Osmia ravouxi</i> , Pérez 1902				x	x			
<i>Osmia spinulosa</i> , (Kirby 1802)				x	x	x	x	
<i>Osmia tridentata</i> , Dufour & Perris 1840				x	x	x	x	
<i>Osmia villosa</i> , (Schenck 1853)			x	x	x			
<i>Osmia xanthomelana</i> , (Kirby 1802)			x	x	x			
<i>Panurginus herzi</i> , Morawitz 1892				x	x	x	x	
<i>Panurgus banksianus</i> , (Kirby 1802)				x	x	x		
<i>Panurgus calcaratus</i> , (Scopoli 1763)					x	x	x	x
<i>Panurgus dentipes</i> , Latreille 1811					x	x	x	x
<i>Rhophitoides canus</i> , (Eversmann 1852)					x	x	x	
<i>Rophites algirus</i> , Pérez 1895				x	x			
<i>Rophites quinquespinosus</i> , Spinola 1808						x	x	
<i>Systropha curvicornis</i> , (Scopoli 1770)					x	x	x	
<i>Systropha planidens</i> , Giraud 1861				x	x	x		

Tab. 12: Konditionen für die Zusammensetzung von Zielarten-Mischpflanzungen.

	Konditionen intelligentes Planungswerkzeug	Datenquelle
1. Artenpool	$\neq$ trait „gefüllt“ $\wedge$ „halbgefüllt“ $\wedge$ „steril“ $\wedge \neq$ trait „invasive Arten“ $\wedge$ WHZ < 9 $\wedge \neq$ ungeeignete Arten	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Einzelblüte/Blume Spalte: Fruchtart Spalte: Winterhärtezone NEHRING & SKOWRONEK 2023 Spalte: problematische Arten (BOUILLON et al. 2013)
2. Pflanzabstände	S-betonte Standorte: Fr ₁ , SH, D, A ₁₋₃ , St ₁ , St ₂ , St ₃ , G ₁ , GR ₁ , SV ₁ , SV ₂ , SR ₂ Pflanzabstandsbereich > $\bar{x}$ C-betonte Standorte: G ₂ , G ₃ , GR ₂ , GR ₃ , Fr ₂ , Fr ₃ , B ₁ , B ₂ , B ₃ , SV ₃ , SR ₁ , SR ₃ Pflanzabstandsbereich $\leq \bar{x}$	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Pflanzabstand
3. Gesamtartenzahl	Lebensbereiche SH, D, Fr ₁₋₃ , B ₁₋₃ : < 10 m ² = 15-20 Arten 10-20 m ² = 20-25 Arten > 20 m ² = 25-35 Arten Lebensbereiche G ₁₋₃ , GR ₁₋₃ , A ₁₋₃ , St ₁₋₃ : < 10 m ² = 8-12 Arten 10-20 m ² = 12-16 Arten > 20 m ² = 16-25 Arten	durch Voreinstellung "Flächengröße" erfasst
4. Lebensformen	$\leq$ 35 % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Annuelle“ v „Bienne“ $\wedge$ > 65 % erfüllen den trait „Staupe“ v „Halbstrauch“ $\wedge \geq$ 50 m ² Gehölze zulassen: $\leq$ 1/50m ² $\wedge \leq$ 5 % Gräser	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Pflanzengruppe Spalte: Gehölze: Information beim BdB anfragen
5. Pollenquellen	Bei Vorauswahl „nur heimische Arten“: 100 % erfüllen den trait „heimisch“ $\geq$ 10 % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten $\wedge$ Verteilung auf $\geq$ 1 Pflanzenart/Zielart $\wedge \geq$ 10 Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart v Anzahl Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart für Versorgung $\geq$ 1 Brutzelle Bei Vorauswahl Herkunft „nicht-heimische Arten zulassen“: 100 % erfüllen den trait „heimisch“ v „nicht-heimisch“ $\geq$ 10 % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten $\wedge$ Verteilung auf $\geq$ 1 Pflanzenart/Zielart, davon $\leq$ 50 % nicht-heimische Arten die so gewählt werden, dass die Flugzeit der Zielart möglichst breit abgedeckt wird und die Differenz zur Blühperiode der heimischen, durch Analysen bestätigten Pollenquelle möglichst groß ist $\wedge \geq$ 10 Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart v Anzahl Einzelpflanzen/Pollenquellenart einer Zielart für Versorgung $\geq$ 1 Brutzelle Bei Vorauswahl Herkunft „Sorten zulassen“: 100 % erfüllen den trait „heimisch“ v „Sorte“ $\geq$ 10 % Gesamtmenge Einzelpflanzen erfüllen den trait „Pollenquelle“ der Zielarten $\wedge$ Verteilung auf $\geq$ 1 Pflanzenart/Zielart, davon $\leq$ 50 % Sorten, die so gewählt werden, dass die Flugzeit der Zielart möglichst breit abgedeckt wird und die Differenz zur Blühperiode der heimischen, durch Analysen bestätigten Pollenquelle möglichst groß ist	Pollenquelle: Apiformes_Panalyse_Pbeobachtung.xlsx Tab. 1, Spalte: Pollenpflanze botanisch Versorgung Brutzelle: Apiformes_Panalyse_Pbeobachtung.xlsx Blatt Tab. 4a Spalte F Flugzeit: Apiformes_Panalyse_Pbeobachtung.xlsx Tab. 13a

	≥ 35 % der insgesamt verwendeten Einzelpflanzen erfüllen den trait „Geselligkeitsstufe II“ v „Geselligkeitsstufe III“ ∧ Verteilung auf ≥ 3 Arten ∧ ≥ 80 % Arten erfüllen den trait „Staupe“ v „Halbstrauch“ ∧ < 20 % Arten erfüllen trait „Annuelle“ v „Bienne“ ∧ Höhe ≤ 0,4 m ∧ ≥ 1 Zielarten endogäisch nistend, Pflanzabstand Bodendecker +20 %	
9. Frühjahrsgeophyten	25-50 Stück/m² ∧ Verteilung auf ≥ 3 Arten ∧ erfüllen den trait „Zwiebel“ v „Knolle“ ∧ Blütezeit März - Mai ≥ 1 Art	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Pflanzengruppe (Zwiebeln/Knollen)
10. Farbgestaltung	warme Pflanzung aus Blütenfarben: Rot v∧ Orange v∧ Gelb v∧ Braun v∧ Grün v∧ Weiß kühle Pflanzung aus Blütenfarben: Blau v∧ Türkis v∧ Lila v∧ Grün v∧ Weiß Bunte Pflanzung aus Blütenfarben: (Blau v∧ Grün v∧ Weiß v∧ Türkis v∧ ¬(Orange ∧ Lila) v∧ ¬(Gelb ∧ Lila) v∧ ¬(Rot ∧ Lila)) v (Blau v∧ Grün v∧ Weiß v∧ Türkis v∧ ¬(Lila ∧ Orange) v∧ ¬(Lila ∧ Gelb) v∧ ¬(Lila ∧ Rot)) Rot: (R > 150, G < 100, B < 100) Orange: (R > 200, G > 100, B < 50) Gelb: (R > 200, G > 200, B < 100) Braun: (R > 100, G < 100, B < 100) Grün: (R < 100, G > 150, B < 100) Weiß: (R > 200, G > 200, B > 200) Blau: (R < 100, G < 100, B > 150) Türkis: (R < 100, G > 150, B > 150)	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: RGB Werte / Blütenfarbe

Tab. 13: Konditionen für Voreinstellungen durch den Anwender.

Voreinstellung	Konditionen	Datenquelle
1. Flächengröße	Dialogfeld Eingabe in m ²	-
2. Winterhärte	Dialogfeld Auswahl: ≤ Z7 Vororte und ungünstige Lagen; ≤ Z8 Innenstädte und Weinbauklima	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: WHZ Winterhärtezone
3. Lebensbereich	Dialogfeld Auswahl: Fr ₁ , Fr ₂ , Fr ₃ , SH, D, B ₁ , B ₂ , B ₃ , GR ₁ , GR ₂ , GR ₃ , G ₁ , G ₂ , G ₃ , St ₁ , St ₂ , St ₃ , A ₁ , A ₂ , A ₃ ,	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Lebensbereiche Spalte: Bodenfeuchte
4. pH-Wert	Dialogfeld Auswahl: sauer bis neutral pH 4-7, neutral bis basisch: pH 7-10, überspringen]	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Bodenreaktion
5. Zielhöhe der Pflanzung	Dialogfeld Eingabe in [cm] < 40 cm, < 60 cm, < 80 cm, < 100 cm, egal	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Pflanzhöhe Blüten
6. Giftige Pflanzen	Dialogfeld Auswahl: zulassen, nicht zulassen	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: giftige Pflanze
7. Herkunft	Dialogfeld Auswahl: nur heimische Arten, nicht-heimische Arten zulassen, Sorten zulassen, (Mehrfachauswahl möglich)	Pflanzen_traits.xlsx Spalte: Herkunft
8. Bundesland	Dialogfeld Auswahl	Apiformes_Panalyse_Pbeobachtung.xlsx Tab 7c
9. Zielarten	Dialogfeld Auswahl manuell: (Mehrfachauswahl obligat (min. 3 Zielarten); Rote-Liste-Arten; Oligolektische Arten	Apiformes_Panalyse_Pbeobachtung.xlsx Tab 1, Spalte: Wildbienenart Rote Liste Arten: Tab 7c ('V', 'R', 'G', 3, 2, 1, D, 0, Tab 1, Spalte: Spezialisierung

Tab. 14: Minimale Anzahl Pflanzen, die von 39 Wildbienenarten für die Versorgung einer Brutzelle benötigt wird. Daten aus MÜLLER et al. (2006: 610), LARSSON & FRANZEN (2007: 410) und CANE et al. (2011: 406).

Wirtspflanzenart	Wildbienenart	Anzahl Blüten (Blütenköpfe*)	Anzahl Pflanzen	Quelle
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	<i>Heriades truncorum</i>	1,7*	0,2	Müller et al. (2006)
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	<i>Osmia spinulosa</i>	3,9*	0,5	Müller et al. (2006)
<i>Erysimum rhaeticum</i>	<i>Andrena probata</i>	87	4,0	Müller et al. (2006)
<i>Erysimum rhaeticum</i>	<i>Osmia brevicornis</i>	66	3,0	Müller et al. (2006)
<i>Echium vulgare</i>	<i>Hoplitis adunca</i>	140	0,4	Müller et al. (2006)
<i>Echium vulgare</i>	<i>Hoplitis anthocopoides</i>	164	0,5	Müller et al. (2006)
<i>Echium vulgare</i>	<i>Hoplitis lepeletieri</i>	284	0,8	Müller et al. (2006)
<i>Echium vulgare</i>	<i>Anthophora balneorum</i>	500	1,5	Müller et al. (2006)
<i>Campanula patula</i>	<i>Andrena curvungula</i>	35	2,2	Müller et al. (2006)
<i>Campanula patula</i>	<i>Andrena pandellei</i>	27	1,7	Müller et al. (2006)
<i>Campanula patula</i>	<i>Chelostoma rapunculi</i>	22	1,4	Müller et al. (2006)
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Dufourea dentiventris</i>	18	4,5	Müller et al. (2006)
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Lasioglossum costulatum</i>	35	8,8	Müller et al. (2006)
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Melitta haemorrhoidalis</i>	66	16,6	Müller et al. (2006)
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Chelostoma campanularum</i>	7	1,7	Müller et al. (2006)
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Chelostoma rapunculi</i>	37	9,2	Müller et al. (2006)
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>Hoplitis mitis</i>	42	10,4	Müller et al. (2006)
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Systropha curvicornis</i>	34	2,1	Müller et al. (2006)
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Systropha planidens</i>	53	3,3	Müller et al. (2006)
<i>Knautia arvensis</i>	<i>Andrena hattorfiana</i>	3,2*	0,5	Müller et al. (2006)
<i>Knautia arvensis</i>	<i>Andrena hattorfiana</i>	4,8*	0,8	Larsson & Franzén (2007)
<i>Knautia arvensis</i>	<i>Chelostoma grande</i>	3,2*	0,5	Müller et al. (2006)
<i>Knautia arvensis</i>	<i>Hoplitis dalmatica</i>	4,5*	0,8	Müller et al. (2006)
<i>Succisa pratensis</i>	<i>Andrena marginata</i>	0,9*	0,2	Müller et al. (2006)
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Anthidium punctatum</i>	225	8,6	Müller et al. (2006)
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Hoplitis loti</i>	174	6,7	Müller et al. (2006)
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Hoplitis ravouxi</i>	138	5,3	Müller et al. (2006)
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Hoplitis tridentata</i>	290	11,1	Müller et al. (2006)
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Osmia caerulea</i>	144	5,6	Müller et al. (2006)
<i>Medicago sativa</i>	<i>Melitturga clavicornis</i>	420	0,4	Müller et al. (2006)
<i>Medicago sativa</i>	<i>Rhopitoides canus</i>	76	0,1	Müller et al. (2006)
<i>Medicago sativa</i>	<i>Melitta leporina</i>	225	0,2	Müller et al. (2006)
<i>Medicago sativa</i>	<i>Megachile rotundata</i>	390	0,3	Cane et al. (2011)
<i>Onobrychis viciifolia</i>	<i>Melitta dimidiata</i>	619	2,3	Müller et al. (2006)
<i>Onobrychis viciifolia</i>	<i>Megachile parietina</i>	1139	4,3	Müller et al. (2006)
<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Melitta nigricans</i>	246	0,2	Müller et al. (2006)
<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Tetraloniella salicariae</i>	233	0,2	Müller et al. (2006)
<i>Stachys recta</i>	<i>Rophites algeris</i>	349	1,8	Müller et al. (2006)
<i>Stachys recta</i>	<i>Lasioglossum clypeare</i>	139	0,7	Müller et al. (2006)
<i>Stachys recta</i>	<i>Anthidium manicatum</i>	1005	5,3	Müller et al. (2006)
<i>Stachys recta</i>	<i>Osmia andrenoides</i>	254	1,3	Müller et al. (2006)
<i>Ranunculus acris</i>	<i>Chelostoma florissomne</i>	10	2	Müller et al. (2006)
		Mittelwert	3,14	
		Faktor 2,5	7,9	

Tab. 15: Empfehlung für die Ergänzung der Pflanzendatenbank um die Gehölze unter den durch Analysen bestätigten Pollenquellen der Apiformes (PQA_{best}) mit exemplarischer erster Einordnung der Taxa in die für die Verwendung in Mischpflanzungen wichtigen Kategorien geeignet, duldbar und ungeeignet.

Taxon	Eignung für Mischpflanzungen	Taxon	Eignung für Mischpflanzungen
<i>Acer campestre</i>	geeignet	<i>Pyracantha coccinea</i>	geeignet
<i>Acer platanoides</i>	geeignet	<i>Pyrus communis</i>	geeignet
<i>Acer pseudoplatanus</i>	geeignet	<i>Quercus robur</i>	geeignet
<i>Aesculus hippocastanum</i>	geeignet	<i>Rhamnus frangula</i>	geeignet
<i>Alnus glutinosa</i>	geeignet	<i>Rhododendron ferrugineum</i>	geeignet
<i>Amelanchier canadensis</i>	geeignet	<i>Rhus chinensis</i>	geeignet
<i>Atropa belladonna</i>	geeignet	<i>Ribes alpinum</i>	geeignet
<i>Berberis vulgaris</i>	geeignet	<i>Ribes nigrum</i>	geeignet
<i>Betula pendula</i>	geeignet	<i>Ribes rubrum</i>	geeignet
<i>Buxus sempervirens</i>	geeignet	<i>Ribes sanguineum</i>	geeignet
<i>Calluna vulgaris</i>	geeignet	<i>Ribes uva-crispa</i>	geeignet
<i>Carpinus betulus</i>	geeignet	<i>Rosa canina</i>	ungeeignet
<i>Castanea sativa</i>	geeignet	<i>Rosa corymbifera</i>	geeignet
<i>Chamaecytisus purpureus</i>	geeignet	<i>Rosa hugonis</i>	geeignet
<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>	geeignet	<i>Rosa pimpinellifolia</i>	geeignet
<i>Chamaespartium sagittale</i>	geeignet	<i>Rubus fruticosus agg.</i>	ungeeignet
<i>Clematis vitalba</i>	geeignet	<i>Rubus idaeus</i>	ungeeignet
<i>Cornus sanguinea</i>	geeignet	<i>Salix alba</i>	geeignet
<i>Cotoneaster dammeri</i>	geeignet	<i>Salix appendiculata</i>	geeignet
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	geeignet	<i>Salix aurita</i>	geeignet
<i>Crataegus laevigata</i>	geeignet	<i>Salix caprea</i>	geeignet
<i>Crataegus monogyna</i>	geeignet	<i>Salix cinerea</i>	geeignet
<i>Cytisus nigricans</i>	geeignet	<i>Salix fragilis</i>	geeignet
<i>Cytisus scoparius</i>	geeignet	<i>Salix hastata</i>	geeignet
<i>Erica cinerea</i>	geeignet	<i>Salix helvetica</i>	geeignet
<i>Erica tetralix</i>	geeignet	<i>Salix nigricans</i>	geeignet
<i>Euonymus europaeus</i>	geeignet	<i>Salix pentandra</i>	geeignet
<i>Firmiana simplex</i>	geeignet	<i>Salix purpurea</i>	geeignet
<i>Genista anglica</i>	geeignet	<i>Salix repens</i>	ungeeignet
<i>Genista tinctoria</i>	geeignet	<i>Salix triandra</i>	geeignet
<i>Hedera helix</i>	geeignet	<i>Salix viminalis</i>	geeignet
<i>Ilex aquifolium</i>	geeignet	<i>Sorbus aucuparia</i>	geeignet
<i>Juglans regia</i>	geeignet	<i>Spartium junceum</i>	geeignet
<i>Laburnum anagyroides</i>	geeignet	<i>Spiraea salicifolia</i>	geeignet
<i>Ligustrum vulgare</i>	geeignet	<i>Styphnolobium japonicum</i>	geeignet
<i>Malus domestica</i>	geeignet	<i>Tamarix gallica</i>	geeignet
<i>Ononis arvensis</i>	geeignet	<i>Thymus polytrichus</i>	geeignet
<i>Prunus armeniaca</i>	geeignet	<i>Tilia cordata</i>	geeignet
<i>Prunus avium</i>	geeignet	<i>Ulex europaeus</i>	geeignet
<i>Prunus cerasifera</i>	geeignet	<i>Vaccinium myrtillus</i>	geeignet
<i>Prunus cerasus</i>	geeignet	<i>Vaccinium oxycoccos</i>	geeignet
<i>Prunus domestica</i>	geeignet	<i>Vaccinium uliginosum</i>	geeignet
<i>Prunus laurocerasus</i>	ungeeignet	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	geeignet
<i>Prunus mahaleb</i>	geeignet	<i>Viburnum lantana</i>	geeignet
<i>Prunus padus</i>	geeignet	<i>Vitis vinifera</i>	geeignet
<i>Prunus persica</i>	geeignet		
<i>Prunus spinosa</i>	ungeeignet		

Tab. 16: Empfehlung für die Ergänzung der Pflanzendatenbank um die Stauden unter den durch Analysen bestätigten Pollenquellen der Apiformes (PQA_{best}) mit exemplarischer erster Einordnung der Taxa in die für die Verwendung in Mischpflanzungen wichtigen Kategorien geeignet, duldbar und ungeeignet.

Taxon	Eignung für Mischpflanzungen	Taxon	Eignung für Mischpflanzungen
<i>Acinos arvensis</i>	geeignet	<i>Daucus carota</i>	geeignet
<i>Aegopodium podagraria</i>	ungeeignet	<i>Dorycnium germanicum</i>	geeignet
<i>Alliaria petiolata</i>	ungeeignet	<i>Echium plantagineum</i>	geeignet
<i>Allium cepa</i>	geeignet	<i>Erigeron annuus</i>	duldbar
<i>Allium montanum</i>	geeignet	<i>Eruca sativa</i>	duldbar
<i>Allium porrum</i>	geeignet	<i>Erysimum crepidifolium</i>	geeignet
<i>Allium rotundum</i>	geeignet	<i>Erysimum odoratum</i>	geeignet
<i>Anchusa officinalis</i>	geeignet	<i>Euphrasia rostkoviana</i>	geeignet
<i>Anthemis arvensis</i>	geeignet	<i>Falcaria vulgaris</i>	geeignet
<i>Anthriscum majus</i>	geeignet	<i>Foeniculum vulgare</i>	geeignet
<i>Asphodelus cerasiferus</i>	geeignet	<i>Gagea villosa</i>	geeignet
<i>Bellis perennis</i>	duldbar	<i>Galeopsis angustifolia</i>	duldbar
<i>Berteroa incana</i>	duldbar	<i>Galeopsis ladanum</i>	duldbar
<i>Brassica napus</i>	duldbar	<i>Hieracium lachenalii</i>	duldbar
<i>Brassica nigra</i>	duldbar	<i>Hieracium piloselloides</i>	duldbar
<i>Brassica oleracea</i>	duldbar	<i>Hieracium sabaudum</i>	duldbar
<i>Brassica rapa</i>	duldbar	<i>Hypochaeris glabra</i>	duldbar
<i>Bryonia alba</i>	duldbar	<i>Hypochaeris maculata</i>	duldbar
<i>Bryonia dioica</i>	duldbar	<i>Hypochaeris radicata</i>	duldbar
<i>Bunias orientalis</i>	duldbar	<i>Inula conyzia</i>	geeignet
<i>Bupthalmum speciosum</i>	geeignet	<i>Iris halophila</i>	geeignet
<i>Calendula officinalis</i>	geeignet	<i>Isatis tinctoria</i>	geeignet
<i>Calystegia sepium</i>	ungeeignet	<i>Knautia drymeia</i>	geeignet
<i>Campanula isophylla</i>	geeignet	<i>Lactuca perennis</i>	geeignet
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	duldbar	<i>Lamium purpureum</i>	geeignet
<i>Cardaria draba</i>	duldbar	<i>Lapsana communis</i>	ungeeignet
<i>Carduus acanthoides</i>	duldbar	<i>Laser trilobium</i>	geeignet
<i>Carduus crispus</i>	duldbar	<i>Laserpitium latifolium</i>	geeignet
<i>Carlina vulgaris</i>	geeignet	<i>Laserpitium siler</i>	geeignet
<i>Centaurea cyanus</i>	geeignet	<i>Lathyrus heterophyllus</i>	geeignet
<i>Centaurea pseudophytia</i>	geeignet	<i>Lathyrus odoratus</i>	geeignet
<i>Centaurea solstitialis</i>	geeignet	<i>Leontodon autumnalis</i>	duldbar
<i>Centaurea stoebe</i>	geeignet	<i>Leontodon hispidus</i>	duldbar
<i>Centaureum littorale</i>	geeignet	<i>Leonorus cardiaca</i>	geeignet
<i>Cerastium holosteoides</i>	geeignet	<i>Linaria genistifolia</i>	geeignet
<i>Chaerophyllum aureum</i>	geeignet	<i>Lobularia maritima</i>	geeignet
<i>Chaerophyllum temulum</i>	geeignet	<i>Lotus pedunculatus</i>	geeignet
<i>Cheiranthus cheiri</i>	geeignet	<i>Matricaria discoidea</i>	duldbar
<i>Chondrilla juncea</i>	duldbar	<i>Matricaria recutita</i>	duldbar
<i>Cirsium arvense</i>	ungeeignet	<i>Medicago falcata</i>	duldbar
<i>Cirsium vulgare</i>	ungeeignet	<i>Medicago lupulina</i>	duldbar
<i>Clinopodium vulgare</i>	geeignet	<i>Medicago sativa</i>	duldbar
<i>Coincya monensis</i>	duldbar	<i>Melandrium rubrum</i>	duldbar
<i>Consolida regalis</i>	geeignet	<i>Melilotus albus</i>	duldbar
<i>Convolvulus arvensis</i>	ungeeignet	<i>Melilotus officinalis</i>	duldbar
<i>Crepis biennis</i>	duldbar	<i>Misopates orontium</i>	duldbar
<i>Crepis capillaris</i>	duldbar	<i>Nonea lutea</i>	duldbar
<i>Odontites luteus</i>	duldbar	<i>Trollis japonica</i>	geeignet

Taxon	Eignung für Mischpflanzungen	Taxon	Eignung für Mischpflanzungen
<i>Odontites vulgaris</i>	duldbar	<i>Trifolium alpestre</i>	geeignet
<i>Oenanthe crocata</i>	geeignet	<i>Trifolium arvense</i>	ungeeignet
<i>Onobrychis arenaria</i>	geeignet	<i>Trifolium dubium</i>	geeignet
<i>Onobrychis montana</i>	geeignet	<i>Trifolium incarnatum</i>	geeignet
<i>Onobrychis viciifolia</i>	geeignet	<i>Trifolium medium</i>	geeignet
<i>Orlaya grandiflora</i>	geeignet	<i>Trifolium montanum</i>	geeignet
<i>Papaver dubium</i>	geeignet	<i>Trifolium pratense</i>	ungeeignet
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	geeignet	<i>Trifolium repens</i>	ungeeignet
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	geeignet	<i>Tripleurospermum perforatum</i>	duldbar
<i>Phaseolus coccineus</i>	geeignet	<i>Tripolium pannonicum</i>	geeignet
<i>Picris echioides</i>	duldbar	<i>Veronica chamaedrys</i>	geeignet
<i>Picris hieracioides</i>	duldbar	<i>Veronica persica</i>	geeignet
<i>Pisum sativum</i>	geeignet	<i>Vicia angustifolia</i>	duldbar
<i>Potentilla arenaria</i>	geeignet	<i>Vicia cracca</i>	duldbar
<i>Potentilla fruticosa</i>	geeignet	<i>Vicia faba</i>	duldbar
<i>Potentilla grandiflora</i>	geeignet	<i>Vicia hirsuta</i>	duldbar
<i>Potentilla reptans</i>	ungeeignet	<i>Vicia onobrychioides</i>	duldbar
<i>Primula acaulis</i>	geeignet	<i>Vicia sativa</i>	duldbar
<i>Pulicaria dysenterica</i>	geeignet	<i>Vicia sepium</i>	duldbar
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	duldbar	<i>Vicia tenuifolia</i>	duldbar
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	duldbar	<i>Vicia villosa</i>	duldbar
<i>Ranunculus repens</i>	ungeeignet		
<i>Raphanus raphanistrum</i>	duldbar		
<i>Reseda odorata</i>	geeignet		
<i>Rorippa sylvestris</i>	duldbar		
<i>Sagina nodosa</i>	geeignet		
<i>Scorzonera humilis</i>	geeignet		
<i>Scrophularia vernalis</i>	duldbar		
<i>Sedum rupestre</i>	geeignet		
<i>Senecio vernalis</i>	duldbar		
<i>Senecio vulgaris</i>	duldbar		
<i>Sinapis alba</i>	duldbar		
<i>Sinapis arvensis</i>	duldbar		
<i>Sinapis nigra</i>	duldbar		
<i>Sysimbrium altissimum</i>	duldbar		
<i>Sysimbrium officinale</i>	duldbar		
<i>Sysimbrium orientale</i>	duldbar		
<i>Solanum nigrum</i>	duldbar		
<i>Solidago gigantea</i>	duldbar		
<i>Sonchus arvensis</i>	duldbar		
<i>Sonchus asper</i>	duldbar		
<i>Stellaria media</i>	duldbar		
<i>Taraxacum laevigatum</i>	ungeeignet		
<i>Taraxacum officinale</i>	ungeeignet		
<i>Tetragonobolus maritimus</i>	geeignet		
<i>Teucrium botrys</i>	geeignet		

Tab. 17: Pflanzenfamilien und -gattungen mit Beziehungen zu oligolektischen Wildbienenarten aus WESTRICH (2019), verändert GABLER (2024). *= Familien ohne Nennung von Gattungen.

Familie	Gattung
Alliaceae	<i>Allium</i>
Apiaceae	*
Araliaceae	<i>Hedera</i>
Asparagaceae	<i>Asparagus</i> <i>Ornithogalum</i>
Asteraceae	*
Boraginaceae	<i>Anchusa</i> <i>Cerinthe</i> <i>Echium</i> <i>Symphytum</i>
Brassicaceae	*
Campanulaceae	<i>Campanula</i> <i>Edraianthus</i> <i>Phyteuma</i> <i>Jasione</i>
Cistaceae	<i>Helianthemum</i>
Convolvulaceae	<i>Convolvulus</i>
Cucurbitaceae	<i>Bryonia</i>
Dipsacaceae	<i>Knautia</i> <i>Scabiosa</i> <i>Succisa</i>
Ericaceae	<i>Calluna</i> <i>Erica</i> <i>Vaccinium</i>
Fabaceae	<i>Lotus</i> <i>Vicia</i> <i>Lathyrus</i> <i>Chamaecytisus</i>
Lamiaceae	*
Linaceae	<i>Linum</i>
Lythraceae	<i>Lythrum</i>
Malvaceae	*
Onagraceae	<i>Epilobium</i>
Orobanchaceae	<i>Odontites</i>
Plantaginaceae	<i>Veronica</i>
Primulaceae	<i>Lysimachia</i>
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>
Resedaceae	<i>Reseda</i>
Rosaceae	<i>Potentilla</i> <i>Fragaria</i>
Salicaceae	<i>Salix</i>

Bepflanzungstyp: Zielarten-Mischpflanzung

» Aufbau nach Funktionstypen

- Gerüstbildner
- Begleitarten
- Bodendecker
- Zwiebeln & Knollen



» Verwendung der Pollenquellen wählbarer Zielarten

Beispiel für die Wildbienenarten: *Hoplitis adunca*

Andrena hattorfiana