

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT BONN
Landwirtschaftliche Fakultät

MASTERARBEIT
im Rahmen des Masterstudiengangs

Naturschutz und Landschaftsökologie

zur Erlangung des Grades
„Master of Science“

**Diversität und funktionelle Eigenschaften der Begleitflora in
silvoarablen Agroforstsystemen**
– *Vegetationserhebungen im Transekt* –

vorgelegt von:
Anna-Lea Ortmann
3299182

vorgelegt am: 24.08.2022

1. Prüfer: Prof. Dr. Thomas Döring

2. Prüfer: Dr. Lutz Kosack

Zusammenfassung

Die Begleitflora ist ein essentielles, jedoch in ihrer Vielfalt bedrohtes Schlüsselement der Agrarbioidiversität und bedeutender Managementfaktor im Ackerbau. Die Agroforstwirtschaft gilt als Landnutzungsform, die Produktivitäts- und Biodiversitätsziele vereinbart, jedoch wurde die Begleitflora in Agroforstsystemen (AFS) der gemäßigten Breiten bislang wenig erforscht.

Vorliegende Arbeit untersuchte die Begleitflora zweier junger (< 2 Jahre) moderner AFS mit Hinblick auf ihre Pflanzensoziologie, Biodiversität, funktionellen Pflanzenmerkmale, naturschutzfachliche Wertigkeit und ihr wirtschaftliches Schadpotenzial. Die Erhebungen fungieren als Null-Aufnahme für das langfristig in den AFS ('Hof Garvsmühlen' (HGM), Mecklenburg-Vorpommern und 'Gladbacherhof' (GBH), Hessen) angelegte Agroforst-Monitoring. In Summe wurden 19 Vegetationstransekte innerhalb der silvoarablen AFS quer der Baumreihen sowie in benachbarten Referenzsystemen (REF) platziert. Ein Transekt bestand aus 7 Schätzflächen à 25 m². Die Vegetationserhebung umfasste 133 Schätzflächen und wurde im Juni 2021 durchgeführt.

Die Pflanzenbestände der Ackerflächen und Baumstreifen waren pflanzensoziologisch den Klassen *Chenopodietea*, *Secalietea*, *Artemisietea vulgaris* und *Molinio-Arrhenatheretea* zugehörig. Im Baumstreifenunterwuchs konnten neben Arten der Ackerbegleitflora auch solche kartiert werden, die typischerweise im Grünland, in ausdauernden Ruderalgesellschaften und Ackerrandstreifen vorkommen. Die mittlere Artenanzahl lag in den AFS-Baumstreifen signifikant höher als in den AFS-Ackerstreifen, was auf eine Blühstreifen- (HGM) und Klee gras-Ansaat (GBH) in den Baumstreifen zurückzuführen war. Während auf dem HGM im AFS 41 und im REF 16 Arten erfasst wurden, waren es auf dem GBH im AFS 55 und im REF 29. Zwischen den unterschiedlichen Baumstreifentypen auf dem GBH (Apfel, Kombi, Pappel) konnten keine signifikanten Unterschiede in der Diversität des Baumstreifenunterwuchses festgestellt werden. Die Beta-Diversität der AFS war höher als jene der REF. Die Auswertung der funktionellen Pflanzenmerkmale (Raunkiaer-Lebensformen, Grime-Strategietypen und Ellenberg-Zeigerwerte) zeigte ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen der Begleitflora in den Baumstreifen und Ackerflächen. Die Blühstreifen-Ansaaten im AFS HGM führten zu einer erhöhten Vielfalt an Blumenklassen gegenüber der REF. Die Deckung schwer kontrollierbarer Beikräuter und -gräser lag in den AFS-Baumstreifen höher als in den AFS-Ackerstreifen. Im Vergleich mit den REF war der Beikrautdruck in den AFS-Ackerstreifen allerdings nicht erhöht. Eine Auswanderung von Arten des Baumstreifens in die Ackerstreifen hinein konnte vereinzelt dort beobachtet werden, wo die Bodenbearbeitung und Ansaat der Ackerkultur nicht direkt bis an den Baumstreifenrand durchgeführt wurde.

Für die untersuchten AFS war eine erhöhte Diversität und naturschutzfachliche Wertigkeit gegenüber ihren REF nachweisbar, ohne dass schwer kontrollierbare Beikräuter und -gräser in den AFS-Ackerstreifen höhere Deckungsgrade einnahmen. Periodisch wiederkehrende Erhebungen im Rahmen des Agroforst-Monitorings sind notwendig, um die langfristige Entwicklung der Begleitfloraabestände und ihre Wechselwirkungen mit weiteren Dimensionen, wie zum Beispiel dem Boden, der Fauna, den Ackerkulturen und heranwachsenden Gehölzen besser nachzuvollziehen. Das langfristige Monitoring sollte Erkenntnisse erzielen, die eine Optimierung des Managements in Richtung maximaler naturschutzfachlicher Wertigkeit und minimaler wirtschaftlicher Schädigung der Begleitflora ermöglichen.

Abstract

Weeds are an essential but threatened key element for agroecological biodiversity and an important management factor for arable farming. Agroforestry is seen as a land use concept that simultaneously addresses productivity and biodiversity goals but to date, weeds in agroforestry systems (AFS) within temperate latitudes have been poorly explored.

This research surveyed weeds within two young (<2 years) modern silvoarable AFS, focussing on plant sociology, biodiversity, functional traits, nature conservation value and potential economic harm. The vegetation assessment presents the baseline for future vegetation assessments within an agroforestry monitoring project established at the two study sites ('Hof Garvsmühlen' (HGM), in Mecklenburg-Western Pomerania and 'Glabbacherhof' (GBH), in Hesse). In total 19 vegetation transects were placed across the tree rows of the young silvoarable AFS and neighbouring reference systems (REF), with each transect consisting of 7 sample sites, each of 25 m². The survey of a total of 133 sample sites was carried out in June 2021.

The weed populations of tree strips and arable fields were plant-sociologically categorized within the classes *Chenopodietea*, *Secalietea*, *Artemisietea vulgaris* and *Molinio-Arrhenatheretea*. Within the tree strips' undergrowth, species typical for grasslands and vegetated field edge strips were present, besides perennial ruderal species and typical arable flora. Mean species richness within AFS tree strips was significantly higher than in AFS arable strips, which was traced back to the sowing of flower mixture (HGM) and grass-clover (GBH) within tree strips. At HGM 41 weed species were mapped within the AFS and 16 within the REF, whereas at GBH 55 were present within the AFS and 29 within the REF. No significant differences were detected in the weed diversity of the 3 different tree strip types at GBH (apple, mixed, poplar). The beta diversity of AFS was higher than those of REF. Analysis of functional traits (Raunkiaer life form, Grime strategy type and Ellenberg indicator values) showed significant differences between the weed populations in tree strips and arable land. The sowing of flowers at HGM AFS resulted in a higher diversity of flower classes compared to the REF. The presence of 'hard to manage' weed species was higher in AFS tree strips compared to AFS arable strips, though the weed pressure in AFS arable strips was not higher than the REF. The migration of weeds from tree strips into neighbouring arable strips was only observed in isolated cases where soil tillage and sowing was not conducted up to the tree strip margins.

The surveyed AFS showed higher weed diversities and nature conservation values than the respective REF, though the 'hard to manage' weed pressure was not higher in AFS arable strips. Recurring surveys within the agroforestry monitoring project are necessary in order to gain a better understanding of the long term development of weed populations within AFS and their interaction with other dimensions such as soil, fauna, crops and the planted trees. The monitoring should produce findings that enable the optimization of management towards maximising nature conservation value and minimizing the harmful effects of weeds on cultivation.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINFÜHRUNG.....	1
1.1	Ökologische Bedeutung der Begleitflora in Ackerlebensräumen	1
1.2	Bedrohung der Pflanzenvielfalt in Agrarökosystemen.....	1
1.3	Begleitflora in Agroforstsystemen.....	2
1.4	Potenziale von Agroforstsystemen für die Agrarbiodiversität.....	3
1.5	Wirtschaftliches Schadpotenzial der Begleitflora	4
1.6	Agroforst-Monitoring und Vegetationserhebungen im Transekt	4
2.	FRAGESTELLUNGEN	6
3.	MATERIAL & METHODEN	7
3.1	Untersuchungsgebiete	7
3.1.1	Agroforstsystem Hof Garvsmühlen	7
3.1.2	Agroforstsystem Gladbacherhof	10
3.2	Vegetationsaufnahmen im Transekt	13
3.3	Datenauswertung.....	14
3.3.1	Pflanzensoziologische Einordnung der Beikrautbestände	15
3.3.2	Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung.....	15
3.3.3	Funktionelle Pflanzenmerkmale.....	16
3.3.3.1	Lebensform nach Raunkiær.....	16
3.3.3.2	Strategietyp nach Grime.....	16
3.3.3.3	Zeigerwerte nach Ellenberg.....	17
3.3.4	Biodiversitätsindizes.....	17
3.3.4.1	Alpha-Diversität.....	17
3.3.4.2	Beta-Diversität.....	18
3.3.4.3	Artenanzahl und Deckungsverhältnisse	18
3.3.5	Naturschutzfachlicher Wert für Bestäuberinsekten	19
3.3.6	Begleitflora mit wirtschaftlichem Schadpotenzial	19
3.3.6.1	Begleitflora-Kultur-Verhältnis	19
3.3.6.2	Betrachtung spezifischer Arten	20
4.	ERGEBNISSE	21
4.1	Beschreibung der Beikrautbestände und Pflanzensoziologische Einordnung	21
4.1.1	Hof Garvsmühlen.....	21
4.1.2	Gladbacherhof.....	25
4.2	Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung.....	29
4.3	Funktionelle Pflanzenmerkmale.....	31
4.3.1	Lebensform nach Raunkiær.....	31
4.3.2	Strategietyp nach Grime.....	35
4.3.3	Zeigerwerte nach Ellenberg.....	36
4.4	Biodiversitätsindizes.....	43
4.4.1	Alpha-Diversität.....	43

4.4.1.1	Artenanzahl	43
4.4.1.2	Shannon-Index und Evenness	45
4.4.2	Beta-Diversität.....	48
4.4.3	Artenanzahl und Deckungsverhältnisse	50
4.5	Naturschutzfachlicher Wert für Bestäuberinsekten	51
4.5.1	Status der kartierten Arten	51
4.5.2	Blumenklassen.....	53
4.6	Begleitflora mit wirtschaftlichem Schadpotenzial	56
4.6.1	Begleitflora-Kultur-Verhältnis	56
4.6.2	Betrachtung spezifischer Arten	56
5.	DISKUSSION	59
5.1	Methodendiskussion	59
5.2	Pflanzensoziologische Einordnung	61
5.3	Biodiversität	62
5.4	Funktionelle Pflanzenmerkmale.....	65
5.5	Naturschutzfachlicher Wert für Bestäuberinsekten	69
5.6	Begleitflora mit wirtschaftlichem Schadpotenzial	73
6.	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	76
7.	QUELLENVERZEICHNIS.....	78
8.	ANHANG	87

Abbildungsverzeichnis

Nr.		S.
Abb. 3.1-1	Karte der Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen	8
Abb. 3.1-2	Agroforstfläche und westlich angrenzende Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen	8
Abb. 3.1-3	Baumstreifen mit Blühstreifen-Ansaat und Ackertreifen mit Klee gras auf Hof Garvsmühlen	9
Abb. 3.1-4	Karte der Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof	11
Abb. 3.1-5	Agroforstfläche und östlich angrenzende Referenzfläche auf dem Gladbacherhof	11
Abb. 3.1-6	Baumstreifen mit Klee gras-Ansaat und Ackerstreifen mit Winterweizen auf dem Gladbacherhof	12
Abb. 3.2-7	Schematische Darstellung eines Transekts zur Begleitflora-Erhebung in AFS mit 25 m ² Schätzflächen	13
Abb. 4.2-8	NMDS-Ordinationsplot der Bray-Curtis Distanzmatrix für die Vegetationsaufnahmen koloriert nach Lage im Transekt	30
Abb. 4.3-9	Lebensform nach Raunkiær auf dem Hof Garvsmühlen	32
Abb. 4.3-10	Lebensform nach Raunkiær auf dem Gladbacherhof	34
Abb. 4.3-11	Gewichtete mittlere Strategietypen nach Grime auf dem Hof Garvsmühlen	35
Abb. 4.3-12	Gewichtete mittlere Strategietypen nach Grime auf dem Gladbacherhof	36
Abb. 4.3-13	Ungewichtete mittlere Ellenberg-Zeigerwerte auf dem Hof Garvsmühlen	38
Abb. 4.3-14	Vergleich zwischen gewichteter und ungewichteter Licht- und Kontinentalitätszahl auf dem Hof Garvsmühlen	39
Abb. 4.3-15	Ungewichtete mittlere Ellenberg-Zeigerwerte auf dem Gladbacherhof	40
Abb. 4.3-16	Vergleich zwischen gewichteter und ungewichteter Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions- und Nährstoffzahl auf dem Gladbacherhof	42
Abb. 4.4-17	Artenanzahl in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen	43
Abb. 4.4-18	Artenanzahl in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof	44
Abb. 4.4-19	Alpha-Biodiversität in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen	46
Abb. 4.4-20	Alpha-Biodiversität in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof	47
Abb. 4.4-21	Beta-Diversität-Ähnlichkeitsmaße (Jaccard-Index) von Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen	48
Abb. 4.4-22	Beta-Diversität-Ähnlichkeitsmaße (Jaccard-Index) von Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert)	49
Abb. 4.4-23	Pearsons Korrelationskoeffizienten zwischen Gesamtdeckung, Kulturdeckung, Begleitfloradeckung und Artenanzahl	50
Abb. 4.5-24	Blumenklassen nach Müller auf dem Hof Garvsmühlen	54
Abb. 4.5-25	Blumenklassen nach Müller auf dem Gladbacherhof	55
Abb. 4.6-26	Akkumulierte Deckung der Begleitflora mit Schadpotenzial auf dem Hof Garvsmühlen	57

Abb. 4.6-27	Akkumulierte Deckung der Begleitflora mit Schadpotenzial auf dem Gladbacherhof	58
Abb. 8.-28	Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Baumstreifenansaaten inkludiert) auf dem Hof Garvsmühlen	90
Abb. 8.-29	Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Baumstreifenansaaten exkludiert) auf dem Hof Garvsmühlen	91
Abb. 8.-30	Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Baumstreifenansaaten inkludiert) auf dem Gladbacherhof	92
Abb. 8.-31	Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Baumstreifenansaaten exkludiert) auf dem Gladbacherhof	93
Abb. 8.-32	Beta-Diversität-Ähnlichkeitsmaße (Jaccard-Index) von Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten exkludiert)	94

Tabellenverzeichnis

Nr.		S.
Tab. 3.1-1	Standörtliche Kennzahlen zum Hof Garvsmühlen	7
Tab. 3.1-2	Standörtliche Kennzahlen zum Gladbacherhof	10
Tab. 3.3-3	Struktur der ausgewerteten Datensätze unter Inklusion und Exklusion der Baumstreifen-Ansaaten	14
Tab. 4.1-4	Arten der Begleitflora auf dem Hof Garvsmühlen und pflanzensoziologische Zuordnung	22
Tab. 4.1-5	Arten der Begleitflora auf dem Gladbacherhof und pflanzensoziologische Zuordnung	26
Tab. 4.3-6	Lebensformen nach Raunkiær aus ELLENBERG et al. (2001) und FREY & LÖSCH (2014:359)	31
Tab. 4.3-7	Signifikanzlevel und Tendenz der Unterschiede zwischen Ellenberg-Zeigerwerten in den Baumstreifen und Ackerflächen	37
Tab. 4.4-8	Totale Beta-Diversität untersuchter Agroforst- und Referenzflächen (Jaccard-Index)	50
Tab. 4.4-9	Mittelwerte, Maxima und Minima der geschätzten Gesamtdeckung und gemessenen Vegetationshöhe in Agroforst- und Referenzflächen	51
Tab. 4.6-10	Mittleres Begleitflora-Kultur-Verhältnis	56
Tab. 8.-11	Baumstreifentypen, Baumarten, Pflanzabstände und Pflanzzeitpunkt des Agroforstsystems auf dem Hof Garvsmühlen	87
Tab. 8.-12	Untersuchte Baumstreifentypen, Baumarten, Pflanzabstände und Pflanzzeitpunkte des Agroforstsystems auf dem Gladbacherhof	87
Tab. 8.-13	Artenliste der mehrjährigen Blühstreifenmischung „Blühende Landschaft – Spätsommer 2020 (Nord)“ auf dem Hof Garvsmühlen	88
Tab. 8.-14	Kartierte Begleitflora-Arten, die gemäß GEROWITT & HEITEFUSS (1990), MARSHALL et al. (2003) und HOFMEIJER et al. (2017) als erschwert kontrollierbar eingestuft wurden	89
Tab. 8.-15	Blumenklassen und typische Bestäuber der kartierten Arten nach MÜLLER (1881)	95

Fremdwörter- und Abkürzungsverzeichnis

AF/AFS	Agroforst/ Agroforstsystem
ANOVA	Analysis of Variance/ Varianzanalyse
AS	Ackerstreifen
AMP	Arbuskuläre Mykorrhizapilze
BBCH-Stadium	Morphologisches Entwicklungsstadium einer Pflanze (Kodierung durch Biologisches Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie)
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BS	Baumstreifen
CSV	Comma seperated values
DeFAF	Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V.
dT	dunn Test mit Bonferroni-Korrektur
DWD	Deutscher Wetterdienst
FFH	Flora Fauna Habitat
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der EU
GBH	Gladbacherhof
HGM	Hof Garvsmühlen
KUP	Kurzumtriebsplantage
KWT	Kruskal-Wallis-Test
LER	Land equivalent ratio / Flächenäquivalenzwert
MWUT	Man-Whitney-U-Test
NMDS	Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung
ptT	pairwise-t-Test mit Bonferroni-Korrektur
REF	Referenz / Referenzsystem
tstT	two-sample-t-Test

Danksagung

Für das entgegengebrachte Interesse, die Freiheiten und gleichzeitig intensive Betreuung, insbesondere bei der Erarbeitung der Methodik und Datenauswertung, richte ich ein großes Dankeschön an Dr. Lutz Kosack und Prof. Dr. Thomas Döring. Ganz herzlich möchte ich mich bei Teelke Meyenburg für den wertvollen Austausch zur Methodik und die gemeinsamen Kartierungen im Feld sowie Julia Binder, Thomas Middelanis, Eva-Maria L. Minarsch und Philipp Weckenbrock für die Begleitung im Rahmen des Agroforst-Monitorings bedanken. Über die Masterarbeit ein Puzzlestück zum Agroforst-Monitoring beizutragen, bedeutet mir viel - für die Ermöglichung und vielfältige Unterstützung von Seiten der Monitoringprogramme zwei große Danke! Ein ganz besonderer Dank gilt auch den LandwirtInnen vom Hof Garvsmühlen sowie dem Gladbacherhof für ihre Gastfreundschaft und Beantwortung jeglicher Fragen. Auch möchte ich meiner Familie, meinem Partner, FreundInnen und allen UnterstützerInnen für ihre wertvolle Begleitung während der Masterarbeit und darüber hinaus danken.

„Single-crop farming does not take advantage of the principles by which nature works [...]. Nature has introduced great variety into the landscape, but man has displayed a passion for simplifying it.“

Rachel Carson - Silent Spring - 1962

1. EINFÜHRUNG

1.1 Ökologische Bedeutung der Begleitflora in Ackerlebensräumen

Die Begleitflora gilt als essentiell für die Biodiversität der Agrarlandschaft (MARSHALL et al. 2003). Pflanzen im Allgemeinen sind Schlüsselemente und Basis von Nahrungsnetzen innerhalb terrestrischer Ökosysteme. Ihre Blätter, Stängel, Wurzeln, Blüten, Pollen, Nektar und Früchte bieten der assoziierten Tierwelt Nahrung, Unterschlupf und Nistplätze. Während die Generalisten unter den Tieren eine Vielzahl an Pflanzenarten nutzen können, sind Spezialisten auf das Vorkommen bestimmter Pflanzenfamilien, Gattungen oder sogar Arten angewiesen. Spezialisten sind demnach in besonderem Maße von der Verarmung der floristischen Agrarbiiodiversität betroffen (GARIBALDI et al. 2013, WESTRICH 2018:86).

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Begriffe **Ackerbeikraut/Ackerwildkraut**, **Ackerbeigras/Ackerwildgras** angewandt und Mono- und Dikotyledone zusammenfassend **Ackerbegleitflora/Segetalflora** genannt. In den Begriffen Ackerbegleitflora und Segetalflora kommt die Anpassung der Beikräuter und -gräser an den Ackerlebensraum zum Ausdruck. Dieser zeichnet sich durch regelmäßige Bodenbearbeitung und den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen aus. Innerhalb von Agroforst-Baumstreifen fällt die regelmäßige Bodenbearbeitung weg. Sie bieten daher einen potenziellen Standort für Pflanzenarten außerhalb des Spektrums der typischen Ackerbegleitflora. Gleichzeitig sind sie ähnlich wie Wegraine durch den angrenzenden Ackerbau und die Mahd innerhalb der Baumstreifen beeinflusst. Die Vegetation der Baumstreifen wird demnach allgemeiner mit den Begriffen **Baumstreifen-Beikräuter** und **-gräser** bzw. **Baumstreifenflora** bezeichnet. Sind als Teil der Baumstreifenflora explizit die im Baumstreifen angesäten Arten gemeint, ist von **Ansaaten** die Rede. Arten der Acker- und Baumstreifenflora werden im Rahmen dieser Arbeit unter den Begriffen **Beikraut/Beigras** oder **Begleitflora** zusammengefasst. Da die Baumstreifen-Ansaaten die Flora der untersuchten Agroforstsysteme maßgeblich prägten, sind bei einer allgemeinen Verwendung der Begriffe **Beikraut/Beigras** und **Begleitflora** auch die Ansaaten im Baumstreifen gemeint.

1.2 Bedrohung der Pflanzenvielfalt in Agrarökosystemen

Innerhalb des letzten Jahrhunderts haben die landschaftlichen Entwicklungen im Zeichen der landwirtschaftlichen Industrialisierung, Intensivierung und Rationalisierung zu einem Rückgang der floristischen Biodiversität in Agrarökosystemen geführt. Die Intensivierung der Landwirtschaft vollzog sich unter der vermehrten Verwendung chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel und Mineraldünger, der Saatgutreinigung, dem Anbau leistungsfähiger Sorten und der Schaffung großer zusammenhängender Ackerflächen durch Rodung von Landschaftselementen wie Hecken und Feldbäumen. Sie war zudem durch die Nutzungsaufgabe von Grenzertragsstandorten geprägt. Darüber hinaus haben Landschaftsfragmentierung, Eutrophierung und der Klimawandel zu einem Rückgang der Biodiversität beigetragen (HOFMEISTER & GARVE 1986:124, GARIBALDI et al. 2013, HABER 2014:86, BAUDE et al. 2016). Heute zählen innerhalb von Deutschland 70 % der bedrohten Arten zur Ackerbegleitflora und -fauna¹. Die Ackerwildkräuter gelten als die am stärksten bedrohte Pflanzengruppe unserer Kulturlandschaft (MEYER & LEUSCHNER 2015, OFFENBERGER 2018, DIETZEL et al. 2019). Die Intensivierung der Landwirtschaft scheint neben der oberirdischen Verarmung an Pflanzengesellschaften ebenfalls eine unterirdische Verarmung der Diasporenbanken zufolge zu haben (MARSHALL et al. 2003).

Internetquellen sind mit Fußnoten gekennzeichnet (s. Quellenverzeichnis)

¹ BfN 2022

1.3 Begleitflora in Agroforstsystemen

Agroforstsysteme (AFS) oder auch Agroforste (AF) sind Landnutzungssysteme, in denen Gehölze (Bäume oder Sträucher) mit Ackerkulturen und/oder Tierhaltung auf einer Fläche kombiniert werden (NAIR 1993). AFS, die Gehölze und Ackerkulturen vereinen, werden als **silvoarable** AFS bezeichnet. Sie unterscheiden sich von **silvopastoralen** Systemen, in denen eine Form der Tierhaltung mit dem Anbau von Gehölzen kombiniert wird sowie **agrosilvopastoralen** Systemen, welche sowohl Tierhaltung und Gehölze, als auch Ackerkulturen auf einer Fläche kombinieren (NAIR 1985).

Die verbreitetste Ausprägung moderner, d.h. neuartiger und nicht traditioneller silvoarabler AFS in Mitteleuropa sind **Alley Cropping Systeme**. In diesen sind die Gehölze in alleeförmig, parallel verlaufenden Baumstreifen auf einer Ackerfläche gepflanzt, sodass dazwischen breitere ackerbaulich bewirtschaftete Ackerstreifen verbleiben. Während in den Ackerstreifen landwirtschaftliche oder gartenbauliche Produkte erzeugt werden, dienen die Baumstreifen der Produktion von Holz (Energie- oder Wertholz), Nüssen oder Obst².

Die Pflanzengruppe der Ackerbeikräuter und -gräser lässt sich in Einjährige (Annuelle) und Mehrjährige (Perennierende) unterteilen. Während perennierende Arten Standorte bevorzugen, an denen die Bodenbearbeitung in nur geringem Maße bis gar nicht stattfindet, sind kurzlebige Annuelle von einer regelmäßigen Störung durch Bodenbearbeitung sogar abhängig (WILSON 1993, SHARAF 2018). In der Regel sind in den AF-Baumstreifen anfänglich überwiegend einjährige Arten und mit der Zeit zunehmend mehrjährige vorzufinden (BÄRWOLFF 2016:159, SHARAF 2018:152). Ausgehend hiervon wäre zu erwarten, dass sich in den Baumstreifen auf Dauer vor allem grünlandtypische Pflanzenbestände etablieren können. Während Ackerbeikräuter meist noch nach mehr als 20 Jahren keimfähig sind (WÄLDCHEN et al. 2005), können Grünland-Pflanzengesellschaften nur wenige Jahre in der Diasporenbank des Bodens überdauern (BOSSUYT & HONNAY 2008). Dies liegt daran, dass Samen von Grünlandarten häufig nur kurzfristig keimfähig sind und nach kurzer Zeitspanne, ohne erneut erfolgter Reproduktion aus der Samenbank des Bodens verschwinden (BAKKER et al. 1996, HEDBERG & KOTOWSKI 2010). Silvoarable AFS werden meist auf Äckern angelegt. Wird auf einer Fläche schon seit Jahren Ackerbau betrieben, sind Diasporen grünlandtypischer Arten abhängig vom Landschaftskontext nur in geringem Maße zu erwarten. Die floristische Zusammensetzung und naturschutzfachliche Wertigkeit von AFS – insbesondere Wertholzsystemen – wurde in Deutschland bisher jedoch kaum untersucht (UNSELD et al. 2011, SHARAF 2018, BOINOT et al. 2019). SHARAF (2018) untersuchte konventionell bewirtschaftete Wertholzsysteme, in deren Baumstreifen Blümmischungen ausgesät wurden. Die Vegetationsaufnahmen zeigten eine höhere Diversität der Begleitflora in den Baumstreifen als in den Ackerstreifen. BÄRWOLFF et al. (2012) zufolge ist die höchste Diversität der Begleitflora in silvoarablen AFS im Saumbereich der Baumstreifen vorzufinden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welche Pflanzengruppen in Baum- und Ackerstreifen vorzufinden sind (vgl. **2., Fragestellung I**), welche funktionellen Eigenschaften sie aufweisen (**Fragestellung II**) und wie die floristische Biodiversität der AFS im Vergleich mit ihren gehölzfreien Referenzsystemen (REF) ausfällt (**Fragestellung III**). Geographische Schwerpunkte der Agroforstforschung lagen lange Zeit ausschließlich in subtropischen und tropischen Ökosystemen (SAGAR et al. 2008, TORRALBA et al. 2016). Während sich ein Großteil der Agroforstforschung innerhalb Deutschlands bisher auf Energieholzstreifen beschränkte (RÖHRICHT et al. 2007, UNSELD et al. 2011), betrachten Studien aus den Tropen auch komplexe AFS mit einer Vielzahl an Baumarten. Komplexere Gestaltungsansätze von AFS werden auch hierzulande zunehmend umgesetzt, so zum Beispiel durch den Hof Garvsmühlen (Rerik) oder Gladbacherhof (Villmar), welche als Untersuchungsgebiete der vorliegenden Arbeit dienen. Vegetationserhebungen auf bayerischen Obstwiesen und -weiden von LANGENSIEPEN UND OTTE (1994) zeigten, dass sich die Vegetation unter den Baumkronen deutlich von der Vegetation, die nicht von

² DEFAF 2022a

den Bäumen überschirmt wurde, unterschied. Eine in Indien durchgeführte Studie konnte nachweisen, dass sich drei verglichene Baumarten aufgrund ihrer artspezifischen Merkmale wie Kronenhabitus und Blattwerk, in ihren Effekten auf Boden und krautigen Unterwuchs unterschieden (SAGAR et al. 2008). Forschungsergebnisse zu baumartenspezifischen Effekten auf den Unterwuchs und daraus resultierenden vegetationskundlichen Unterschieden sind in Deutschland weder zu Streuobstwiesen noch modernen AFS veröffentlicht worden. Für Waldsaumgesellschaften ist bekannt, dass ihre pflanzensoziologische Zusammensetzung von einer Vielzahl an Faktoren abhängt. Neben dem Landschaftskontext und angrenzenden Nutzungen spielt hierbei auch die Baumartenzusammensetzung des angrenzenden Waldbestandes eine Rolle (ZACHARIAS 1990). Im Rahmen dieser Arbeit wurde für das AFS des Gladbacherhofs untersucht, ob sich zwischen verschiedenen Baumarten und Baumstreifen-Nutzungsformen als Energie-, Frucht- oder Werthölzer innerhalb der Baumstreifen signifikante Unterschiede in der Biodiversität der Unterwuchsvegetation zeigen (**Fragestellung IV**).

1.4 Potenziale von Agroforstsystemen für die Agrarbioidiversität

Während die Rodung von Streuobst- und Feldbäumen bis in die 1970er Jahre sogar staatlich subventioniert wurde (HABER 2014:92), sollen moderne AFS in Deutschland mit Beginn der kommenden GAP 2023-Förderperiode erstmalig als förderfähige Landnutzungssysteme anerkannt werden. Die aktuell ausgearbeiteten deutschen Förderrichtlinien zeichnen sich vom monetären Umfang als marginal ab und werden den meist hohen Investitionskosten, die mit der Anlage von AFS einhergehen, nicht gerecht. Zudem soll die Förderfähigkeit für einen bedeutsamen Anteil in der Praxis etablierter Agroforstsystemtypen durch bisher vorgesehene Förderkriterien - die Baumartenwahl, Gehölznutzung sowie Abstandsregelungen betreffend - voraussichtlich weiterhin nicht gegeben sein. Nichtsdestotrotz zeigt die Entwicklung hin zu einer ersten Förderfähigkeit moderner AFS, dass die Potenziale von AFS auch auf politischer Ebene zunehmend wahrgenommen werden^{3,4}. AFS werden von Pionieren unter den PraktikerInnen und durch die Forschung als Ansatz für die Lösung von Zielkonflikten zwischen Produktivität und Biodiversität in der Agrarlandschaft gesehen (UNSELD et al. 2011, TORRALBA et al. 2016, UDAWATTA et al. 2019). UDAWATTA et al. (2019) zufolge weisen silvoarable AFS im Vergleich mit benachbarten Acker-Reinkulturen eine signifikant höhere Biodiversität der Flora, Fauna und des Bodenmikrobioms auf. Die agroforstliche Diversifizierung des Anbausystems und bestenfalls komplementäre Ressourcennutzung ihrer Einzelkomponenten ermöglicht nachhaltigere Landnutzungsformen (MARSHALL et al. 2003, TORRALBA et al. 2016). So können AFS zum Biodiversitätserhalt beitragen und eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen bereitstellen, ohne dabei an Produktivität einzubüßen (DUPRAZ et al. 2009). Auch nach BURGESS (1999) können silvoarable AFS als eine Landnutzungsform betrachtet werden, die die Artenvielfalt in monokulturell geprägten Agrarlandschaften erhöht. Insbesondere die Baumstreifen als Dauerstrukturen innerhalb von AFS werden für den Biodiversitätsschutz und Biotopverbund als potenziell wertvoll erachtet (BENTRUP et al. 2019, BÖHM & DOMIN 2020). Nach UDAWATTA et al. (2019) entstehen in AFS in räumlicher Nähe zu Bäumen durch das Wechselspiel aus Bodeneigenschaften, Wasserhaushalt, mikroklimatischen Bedingungen und Pflanzenwelt Bereiche mit einer hohen Biodiversität. Einen Einfluss auf die Begleitflora hat in jungen AFS offensichtlich die Bodenruhe. Mit der Pflanzung von Gehölzen tritt diese in Alley Cropping Systemen je nach Management streifenförmig in den Baumreihen ein und wirkt sich auch auf bodenbrütende Insekten positiv aus. Unter den Wildbienen beispielsweise sind es nur wenige Arten, die in der gepflügten Ackerfläche ihre Nistplätze anlegen, da die Bodenbearbeitung eine erfolgreiche Brut verhindert. Dem gegenüber werden Ackersäume oder Mähwiesen bevorzugt (WESTRICH 2018:45). VARAH et al. (2020) bewerteten AFS als einen geeigneten Ansatz, dem fortwährenden Verlust wilder Bestäuberinsekten in der Agrarlandschaft entgegenzuwirken. Der naturschutzfachliche Wert der in den Agroforstsystemen kartierten Begleitflora wird im Rahmen von **Fragestellung V** insbesondere auf Grundlage ihres Blütenangebots diskutiert.

³ DEFAF 2021 und ⁴ 2022b

1.5 Wirtschaftliches Schadpotenzial der Begleitflora

Neben positiven Effekten für die biologische Vielfalt kann sich die Ackerbegleitflora nach Überschreitung artspezifischer Schadschwellen auch negativ auf den Ertrag der Ackerkulturen auswirken. Eine ökologische Beikrautregulierung erfordert eine stringente Kontrolle der konkurrenzstarken und gleichzeitig reduzierte Regulierung konkurrenzschwacher, seltener Arten (MARSHALL et al. 2003, ADEUX et al. 2019). Ein solches Management wägt den ökologischen Nutzen gegen den ökonomischen Schaden der Begleitflora artspezifisch ab. Die ackerbauliche Praxis stellt dieses Ziel aufgrund technischer, finanzieller und zeitlicher Machbarkeits-Grenzen vor Herausforderungen. Obwohl die Begleitflora als bedeutendster ertragsmindernder Faktor innerhalb des ökologischen Ackerbaus gilt (ALBRECHT 2005, GEROWITT & HOFMEIJER 2018, HOFMEIJER et al. 2021), liegen bisher nur wenige Untersuchungen zur Ausbreitung unerwünschter Pflanzenarten aus AF-Baumstreifen und ihren potenziell negativen Auswirkungen vor (SHARAF 2018). Bei LandwirtInnen besteht jedoch nicht selten die Sorge, dass sich konkurrenzstarke Beikräuter und -gräser im Baumstreifen etablieren und von dort aus in den Acker einwandern (BOINOT et al. 2019). Der Untersuchung des Beikrautdrucks und Auswanderungspotenzials von Beikräutern aus dem Baumstreifen widmet sich **Fragestellung VI**.

Im Kontext der Schadwirkung von Beikräutern und -gräsern ist meist von Unkräutern die Rede. Hiermit sind zumeist ertragsmindernde Kräuter und Gräser gleichermaßen gemeint. Etwas spezifischer ist die zusätzliche Verwendung des Begriffs Ungräser. Im Rahmen dieser Arbeit wird auf die Verwendung der Begriffe Unkräuter und -gräser verzichtet, da diese einen per se wertenden Charakter haben. Zwar gibt es Pflanzenarten mit überdurchschnittlichem Schadpotenzial, d.h. ertragsmindernder Wirkung. Die tatsächliche Schadwirkung der Arten ist allerdings im Kontext ihrer Deckung bestandsspezifisch zu beurteilen. Um es überspitzt mit den Worten von EMERSON (1878) auszudrücken: „Unkraut nennt man die Pflanzen, deren Vorzüge noch nicht erkannt worden sind.“

1.6 Agroforst-Monitoring und Vegetationserhebungen im Transekt

Die untersuchten AFS werden im Rahmen zweier Agroforst-Monitoringprojekte langfristig wissenschaftlich begleitet^{5,6}. Die im Rahmen vorliegender Arbeit entwickelte Transektmethode diene somit zum einen der Beantwortung zuvor aufgeführter Fragestellungen, zum anderen ist sie Grundlage für folgende Begleitflora-Erhebungen des Agroforst-Monitorings.

Im Kontext silvoarabler AFS ist der Einfluss der Gehölzstreifen auf die angrenzenden Ackerflächen für Praxis und Forschung von besonderem Interesse. Erhebungen im Transekt ermöglichen die Untersuchung ökologischer Gradienten, die von den Baumstreifen ausgehend in die Ackerstreifen erwartet werden (PARDON et al. 2017). Bisher durchgeführte Vegetationsstudien in AFS haben methodisch die Erhebung in Form von Transekten, die wiederum aus mehreren Schätzflächen bestehen, gemein (BÄRWOLFF et al. 2012, MEZIERE et al. 2016, SHARAF 2018, BOINOT et al. 2019). Der Transektaufbau variiert jedoch zwischen bisherigen Begleitflora-Studien, die unterschiedlich gestaltete AFS und unterschiedliche Fragestellungen untersuchten. Von besonderer Bedeutung für die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Transektmethode war die Übertragbarkeit zwischen verschiedenen AFS und die methodische Abstimmung auf weitere im Rahmen des Agroforst-Monitorings untersuchte Dimensionen (z.B. Nutzpflanzen, Boden, Mikroklima, Fauna). Hierdurch wird die Untersuchung

⁵agroforst monitoring

⁶Agroforstsysteme Hessen, JLUg

von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Dimensionen (z.B. Begleitflora - Nutzpflanzen) ermöglicht. Vorliegende Arbeit stellt eine Null-Aufnahme für die Begleitflora-Aufnahmen der Folgejahre dar. Zum Zeitpunkt der Erhebungen lag die Pflanzung der Gehölze in den untersuchten AFS weniger als 2 Jahre zurück. Während Gehölze junger Altersstadien die Begleitflora in ihrer Umgebung erwartungsgemäß nur schwach beeinflussen, nehmen die Gehölzeffekte auf den Baumstreifenunterwuchs und die angrenzenden Ackerflächen mit der Zeit zu. Untersuchungen in jungen belgischen AFS (< 5 Jahre) zeigten beispielsweise für Bodenparameter (z.B. organische Bodensubstanz und Nährstoffgehalte) in den ersten Jahren keine signifikanten Unterschiede zwischen Baum- und Ackerstreifen, konnten allerdings für Baumreihen mittleren Alters (15-47 Jahre) Effekte auf die Ackerstreifen nachweisen (PARDON et al. 2017). BEUSCHEL et al. (2019) konnten bereits 5-8 Jahre nach der Pflanzung von AFS-Gehölzen Effekte auf verschiedene Bodenparameter feststellen. Ein Vergleich folgender Erhebungen mit vorliegender Null-Aufnahme ermöglicht, zukünftig messbar werdende oder sich verändernde Effekte auf die Begleitflora untersuchter AFS nachzuvollziehen.

2. FRAGESTELLUNGEN

Vegetationsökologie

- I. Wie unterscheidet sich das **Arteninventar** der **Begleitflora** zwischen Baumstreifen und Ackerstreifen im Agroforstsystem und zur Referenzackerfläche? Lassen sich **pflanzensoziologische Einordnungen** vornehmen?
- II. Wie unterscheiden sich die **funktionellen Pflanzenmerkmale** der **Begleitflora** zwischen Baumstreifen und Ackerstreifen im Agroforstsystem und zur Referenzackerfläche?
 - Strategietyp nach GRIME
 - Lebensform nach RAUNKIÆR
 - Zeigerwerte nach ELLENBERG

Biodiversität

- III. Wie fällt die **Biodiversität** der **Begleitflora** in Baumstreifen und Ackerstreifen des Agroforstsystems und der Referenzackerfläche aus?
 - Alpha-Diversität
 - Beta-Diversität
- IV. Führt eine höhere **geplante Biodiversität** im Baumstreifen (Baum- und Strauchvielfalt, Struktur- und Gestaltungsvielfalt) zu einer höheren **assozierten Diversität** der **Begleitflora**?

Naturschutz

- V. Welchen **naturschutzfachlichen Wert** weisen die Agroforstsysteme für **Bestäuberinsekten** gegenüber reinen Ackerflächen auf?

Beikrautdruck

- VI. Besteht in Agroforstsystemen ein gehäuftes Auftreten von Beikräutern und Beigräsern mit **wirtschaftlichem Schadpotenzial**?

3. MATERIAL & METHODEN

3.1 Untersuchungsgebiete

3.1.1 Agroforstsystem Hof Garvsmühlen

Lage und Naturraum

Hof Garvsmühlen (HGM) liegt in Rerik Garvsmühlen im Landkreis Rostock an der Ostseeküste, bewirtschaftet 300 Hektar und befand sich zum Zeitpunkt der Aufnahmen im ersten Umstellungsjahr auf Bewirtschaftung nach Bioland-Richtlinien. Auf 4,5 ha wurde 2020 ein AFS angelegt⁷. Die Region ist naturräumlich der Haupteinheit des *Mecklenburg-Westvorpommerschen Küstenlandes* zugehörig und wird innerhalb der Mecklenburg Vorpommerschen Landschaftsgliederung der Großlandschaft des *Nordwestlichen Hügellandes* und Landschaftseinheit des *Neubukower Beckens mit Halbinsel Wustrow* zugeordnet (Mvu 2003).

Landschaftskontext

Die Agroforstfläche liegt in 2,3 km Entfernung zur Ostseeküste südlich der Hofstelle des HGM. Die Referenzfläche (REF) grenzt unmittelbar westlich an das AFS. Rund 100 m nördlich und 1,6 km südwestlich der Agroforstfläche beginnen die Landschaftsschutzgebiete *L54a Kühlung* und *L85 Salzhaff*. In räumlicher Überschneidung mit letzterem sind zudem das Naturschutzgebiet (*141 Wustrow*) und das Europäische Vogelschutzgebiet (*DE 1934-401 Wismarbucht und Salzhaff*) ausgewiesen⁸. Die an die Agroforstfläche angrenzenden größeren Schläge (durchschnittlich 40 ha) werden überwiegend ackerbaulich genutzt. Zur Zeit der Aufnahmen waren die Schläge westlich mit Raps und östlich mit Gemüse-Sonderkulturen (Kürbis und Blumenkohl) bestellt. Südlich grenzt ein Gewässerrandstreifen als Relikt der konventionellen Bewirtschaftung. Entlang des Baches steht eine Reihe aus Feldbäumen mittleren Alters (*Populus tremula*, *Populus spec.*, *Salix alba*, *Salix spec.*). Die zwei jeweils in rund 100 m Entfernung verlaufenden Landstraßen sind wenig befahren.

Klima und Topographie

Die Klima- und Standortdaten für das Untersuchungsgebiet sind **Tabelle 3.1-1** zu entnehmen. Das Untersuchungsgebiet ist der Klimastufe des küstenfeuchten Klimas zugehörig⁸. Das Gelände liegt auf einer Höhe von 18 bis 24 m ü. NN. und ist Richtung Süden mit 1-2 Grad sowie vom Zentrum des AFS Richtung Osten und Westen mit 2-3 Grad leicht hängig (vgl. **Abb. 3.1-1** u. **-2**). Im unteren Drittel der REF befindet sich ein Toteisloch von rund 13 m Durchmesser.

Tab. 3.1-1 Standörtliche Kennzahlen zum Hof Garvsmühlen (DWD-Klimadaten 1991 – 2020 der Station Rerik Ostseebad für Niederschlag, Kirchdorf/Poel für Temperatur und Sonnenscheindauer⁹)

Parameter	Wert
Höhe AFS und REF	14 -24 m.ü.NN.
Koordinaten AFS / REF	54.104768, 11.652518 / 54.104718, 11.651349
Mittlere jährliche Lufttemperatur	9,5 °C
Sonnenscheindauer im Juni	236 h (=7,9 h/d)
Jährliche Sonnenscheindauer	1735,1 h (= 4,8 h/d)
Mittlerer jährlicher Niederschlag	597,5 mm/a

⁷ HOF GARVSMÜHLEN

⁸ LUNG MV

⁹ DWD

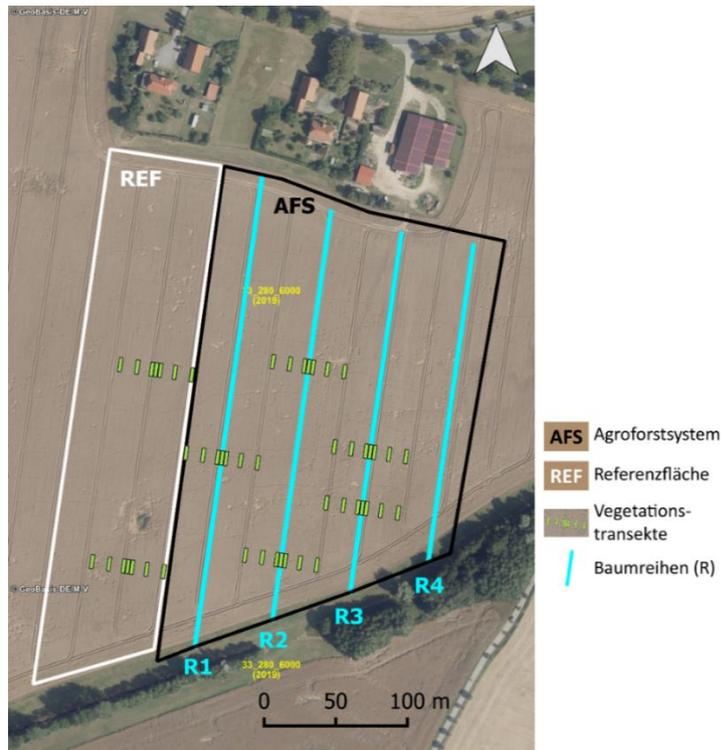


Abb. 3.1-1 Karte der Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen



Abb. 3.1-2 Agroforstfläche (links, Baumstreifen türkis markiert) und westlich angrenzende Referenzfläche (rechts) auf Hof Garvsmühlen (von Norden fotografiert)

Geologie und Boden

Die Agroforst- und Referenzfläche sind in Geologie und Boden relativ homogen (ARNDT 2021). Der geologische Untergrund wird durch rezente Sedimente aus Geschiebelehmen und -mergeln der Grundmoräne des Weichselglazials gebildet. Auf dieser haben sich als Bodentypen Tieflehm-/Lehm-Parabraunerde-Pseudogleye/Gleye ausgebildet. Die Bodenart ist ein stark lehmiger Sand (VANHOOF 2022). Es handelt sich um nährkräftige, bessere diluviale Böden mit 50 Bodenpunkten (ARNDT 2021). Das Grundwasser steht auf 17 bis 19 m Tiefe an⁸.

Beschreibung Agroforstsystem und Referenzfläche

Das AFS wurde im Herbst 2020 angelegt. Die Gehölzkomponente des silvoarablen AFS bilden vier 3 m-breite Baumstreifen. Der Baumreihenabstand von Baumlinie zu Baumlinie liegt bei 51 m, die Ackerstreifenbreite damit bei 48 m. In den 4 Baumreihen wurden insgesamt 175 Frucht- und Wertholzbäume gepflanzt, darunter 8 verschiedene Arten und 25 Sorten sowie Forstware verschiedener Selektionen. **Tabelle 8.-11** im Anhang sind Baumarten und Pflanzabstände in den Reihen

zu entnehmen. Gegenstand der Vegetationserhebungen waren 5 Transekte, die ausgehend von Bäumen in R1, R2 und R3 möglichst zentral ins AFS gelegt wurden, sowie 2 weitere dem Vergleich dienende auf der Referenzfläche (vgl. **Abb. 3.1-1** und **-2**).

Management und Fruchtfolge

Der **Ackerstreifen** wurde in den vergangenen 20 Jahren in einer 3-gliedrigen Fruchtfolge aus Raps, Weizen und Wintergerste bestellt. Letzte stand im Vorjahr 2020. Zum Zeitpunkt der Erhebungen wuchs eine Kleeegrasmischung, die Ende August 2020 angesät wurde. Diese setzte sich aus *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* zusammen. *Lolium multiflorum* dominierte die Ansaat während der Aufnahmen und befand sich im BBCH-Stadium 55 bis 59 Abschluss des Ährenschiebens. Die heutige Agroforst- und Referenzfläche wurden in den vergangenen 50 Jahren einheitlich bewirtschaftet (ARNDT 2021). Im Oktober 2020 wurde der etwa 30 cm hohe Aufwuchs gemulcht und verblieb auf der Fläche. Ein Schnitt fand zwischen Einsaat und den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Vegetations-Erhebungen nicht statt (KOTZBAUER 2021a).

Noch vor den Baumpflanzungen wurde im Spätsommer 2020 in den **Baumstreifen** eine mehrjährige Blümmischung in einem Wildblumen-Kulturpflanzen-Verhältnis von 2:3 angesät (vgl. **Abb. 3.1-3**). Die Artenzusammensetzung der Saatmischung und Ansaatstärke ist **Tabelle 8.-13** im Anhang zu entnehmen. Während die Blühstreifen im Jahr 2021 im August gemäht wurden, soll in den Folgejahren eine ein- bis zweischürige Mahd durchgeführt werden (KOTZBAUER 2021a). Der Blühstreifen wird hierbei an den äußeren Kanten jeweils auf einen Meter Breite gemäht. Der auf der Baumlinie verlaufende zentrale Meter verbleibt ungemäht. In R2 wurde zudem Rhabarber für den Eigenbedarf gepflanzt. Mit den Pflanzungen wurde rund um die gepflanzten Bäume Kompost ausgebracht (ARNDT 2021). Die Baumscheiben wurden im Laufe des Sommers zudem mit kleinräumig entnommenem Schnittgut aus den Klee gras-Ackerstreifen gemulcht.



Abb. 3.1-3 Baumstreifen mit Blühstreifen-Ansaat und Ackerstreifen mit Klee gras auf dem Hof Garvsmühlen (Juni 2021)

3.1.2 Agroforstsystem Gladbacherhof

Lage und Naturraum

Der GBH ist Lehr- und Versuchsbetrieb der Justus-Liebig-Universität Gießen und wird seit 1981 nach Bioland-Richtlinien bewirtschaftet. Der Hof liegt bei Villmar im nordwestlichen Ausläufer des Taunus (Hessen) in Mittelgebirgslage, was sich im Relief und den umgebenden Wäldern widerspiegelt (SCHULZ 2012). Der Hof befindet sich 17 km östlich von Limburg an der Lahn und rund 50 km nordwestlich von Frankfurt am Main. Die Region ist der naturräumlichen Haupteinheit des *Rheinischen Schiefergebirges* und Untereinheit des *Limburger Beckens*, einem intramontanen Senkungsbereich, zugehörig. Der GBH bewirtschaftet 110 ha Ackerland und 76 ha Dauergrünland¹⁰. Hiervon wurde auf 3,4 ha Ackerland im Februar 2020 ein silvoarables AFS angelegt, welches Langzeituntersuchungen dienen soll⁶.

Landschaftskontext und Schutzstatus

Die Agroforstfläche ist von einer verhältnismäßig heterogenen Landschaft umgeben. 400 m nördlich der Fläche fließt die Lahn, deren Uferbereiche dem Schutzstatus als FFH-Gebiet (5515-303 *Lahntal und seine Hänge*) unterliegen. Der rund 300 m südlich der Agroforstfläche gelegene Wald ist ebenfalls FFH-Gebiet (5615-303 *Wald und Schiefergruben bei Langhecke und Klein-Weinbach*)¹¹. An das AFS grenzen im Süden und Westen einzelne Feldgehölze und Gehölzstreifen, darunter in der Baumschicht *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Juglans regia*, *Populus tremula*, *Prunus avium*, *Quercus spec.* und *Salix caprea* sowie in der Strauchschicht *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus laevigata*, *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, *Rosa canina* und *Sambucus nigra*. Im östlichen Randbereich, größtenteils abgepuffert durch benannte Gehölzstreifen, verläuft eine wenig befahrene Landstraße. Westlich des nördlichen Ausläufers grenzt an die Agroforstfläche eine Rinderweide. An der nordöstlichen Seite verläuft ein Feldweg. Östlich hiervon beginnt die Referenzackerfläche. Somit liegt die Agroforstfläche eingebettet in ein Flächengefüge aus Wald, Grünland und überwiegend kleinparzellierten Ackerschlägen, die als Versuchsflächen des GBH fungieren.

Klima und Topographie

Die Klima- und Standortdaten für das Untersuchungsgebiet sind **Tabelle 3.1-2** zu entnehmen. Auffallend ist die wellenförmige Topographie der Agroforstfläche, die sich entlang eines Südwesthangs erstreckt. Das Gelände fällt mit einer Hangneigung von bis zu 32 und durchschnittlich 7 Grad. Die nordöstlich angrenzende Referenzfläche ist dagegen überwiegend flach (vgl. **Abb. 3.1-4** und **-5**).

Tab. 3.1-2 Standörtliche Kennzahlen zum Gladbacherhof (DWD-Klimadaten 1991 – 2020 der Station Runkel-Ennerich⁹, ergänzt durch Klimadaten Wetterstation Gladbacherhof 1990-2019¹⁰)

Parameter	Wert
Höhe AFS / REF	168 – 180 / 180 m.ü.NN.
Koordinaten AFS / REF	50.397407, 8.253134 / 50.398143, 8.254016
Mittlere jährliche Lufttemperatur ¹⁰	9,5 °C
Sonnenscheindauer im Juni	213 h (=7,1 h/d)
Jährliche Sonnenscheindauer	1597 h (= 4,4 h/d)
Mittlerer jährlicher Niederschlag ¹⁰	653 mm/a

⁹ DWD

^{10,6} JLUG

¹¹ RP GIEßEN

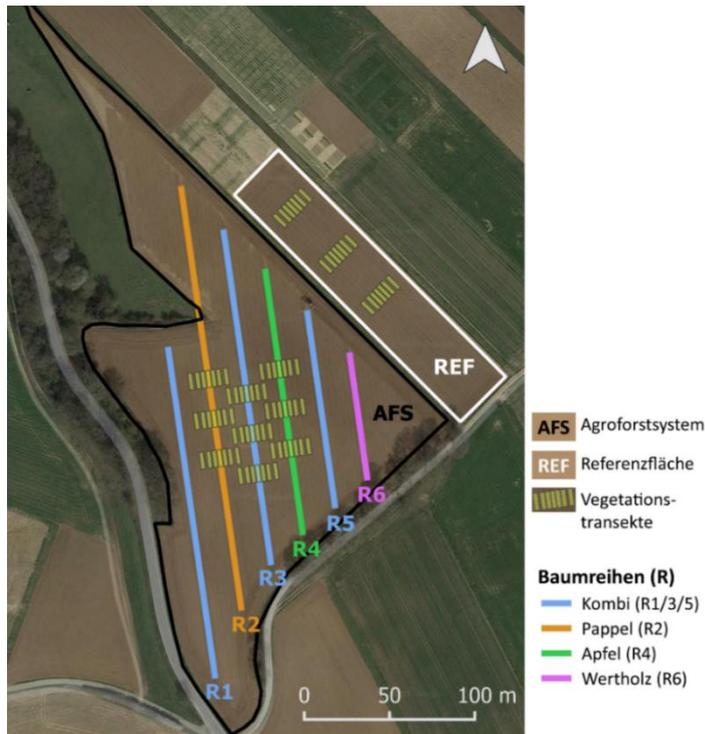


Abb. 3.1-4 Karte der Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof



Abb. 3.1-5 Agroforstfläche (links, Baumstreifen farbig markiert) und östlich angrenzende Referenzfläche (rechts) auf dem Gladbacherhof (v. Süden fotografiert)

Geologie und Boden

Die Referenzfläche ist in Geologie und Bodeneigenschaften überwiegend homogen und ähnelt den geologischen und pedogenen Standortfaktoren des östlichen Bereichs der Agroforstfläche. Die Agroforstfläche ist dagegen deutlich heterogener. So unterscheidet sich der westlichste Randbereich am Hangfuß in Geologie und Bodeneigenschaften vom restlichen Teil der Fläche. Die geologischen Einheiten im Untergrund sind innerhalb der östlich angrenzenden Referenzfläche sowie im Großteil der Agroforstfläche dem Oberen Diluvium zuzuordnen. Im westlichen Randbereich der Agroforstfläche stammen sie aus dem Unteren Mitteldevon¹². Die Bodentypen bilden Parabraunerden und Pararendzinen auf Löss. Im Untergrund finden sich ausgehend vom Muttergestein, welches in mehreren Metern Tiefe ansteht, eine im Jungwürmglazial angewehrte Lössauflage, darüber eine solifluidale Tonschiefer Gesteinsschicht (Fließerde) sowie eine weitere darüber gelagerte Lössschicht. Letztere ist durch stetige Bodenerosion und stärkere Bodenabtragsereignisse infolge von Starkniederschlägen wie zuletzt im Juli 2018 in manchen Bereichen nur noch etwa 30 cm mächtig.

¹² HLNUG

Zudem wird angenommen, dass die zwei Lössauflagen, zwischen derer sich die Fließerde befindet, aus unterschiedlichen Zeiten stammen (MINARSCH 2021). So sind durch solifluidale Umlagerung agronomisch wertvolle Lösslehme älterer Genese entstanden (SCHULZ 2012). Als Bodenart ist im östlichen Bereich ein reiner, im westlichen Teil des AFS ein schluffiger Lehm vorzufinden¹³. Demgegenüber bildet Schluff die Hauptgesteinsart im östlichen Bereich, während diese im westlichen Randbereich Tonschiefer darstellt¹².

Beschreibung Agroforstsystem und Referenzfläche

Das AFS wurde im Februar 2020 angelegt, um das Erosionsrisiko der hängigen Fläche zu reduzieren. Die Gehölzkomponente des silvoarablen AFS bilden sechs 3 m-breite Baumstreifen (**Abb. 3.1-4**). Der Baumreihenabstand von Baumlinie zu Baumlinie liegt bei 21 m, die Ackerstreifenbreite damit bei 18 m. Die zwischen den Baumstreifen befindliche Fläche wird ackerbaulich genutzt. Die sechs Baumreihen (R1-6) sind verschiedenartig angelegt worden. Während in R1, 3 und 5 ein sukzessionaler Ansatz nach GÖTSCH (1992) verfolgt und eine Kombination aus Wert- und Fruchthölzern, Pappeln und Holunder gepflanzt wurde, spiegeln R2, 4 und 6 simplere Agroforst-Ansätze wider. R2 ist eine reine Pappel-, R4 eine reine Apfel- und R6 eine reine Wertholz-Baumreihe. **Tabelle 8.-12** im Anhang sind Daten zu Baumarten und Pflanzabstände in den Reihen zu entnehmen. Die Vegetationserhebungen erfolgten in insgesamt 9 Transekten entlang von R2, R3 und R4 im AFS, sowie 3 weiteren Standorten in der Referenzfläche (vgl. **Abb. 3.1-4** und **-5**).

Management und Fruchtfolge

Die **Ackerflächen** werden in einer 8-jährigen Fruchtfolge mit zwei Jahren Luzernegras, Winterweizen, Silomais oder Kartoffeln, Winterroggen, Ackerbohnen, Dinkel oder Winterweizen, Sommerweizen oder Hafer bestellt¹⁰. Die Fruchtfolge von AFS und REF stimmte innerhalb der letzten Jahre überwiegend überein. In den AF-Ackerstreifen stand zum Zeitpunkt der Aufnahmen Winterweizen (*Triticum aestivum*) im BBCH-Stadium 65 Mittlere Blüte, in der Referenzfläche (REF) Dinkel (*Triticum aestivum* subsp. *spelta*) im BBCH-Stadium 65-69 Mittlere Blüte bis Ende der Blüte. Auf beiden Flächen war Ackerbohne die Vorfrucht. Ende März 2020 wurden die Ackerstreifen gestriegelt, danach erfolgte neben der Ausbringung von Stallmist Anfang April keine weitere Bodenbearbeitung. Gleiches gilt für die Bodenbearbeitung im Referenzsystem (WECKENBROCK 2021).

In den **Baumstreifen** wurden Ende März 2020 rechts und links der Baumlinie zwei Klee grasstreifen angesät (vgl. **Abb. 3.1-6**). Das Klee grasgemenge setzte sich aus *Trifolium pratense*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense* und *Festuca pratensis* mit einem Klee-Gras-Verhältnis von 5:3 zusammen (EISERT 2021, FRANZ 2021). Mit den Pflanzungen wurden entlang der Baumlinie Kompost und Hackschnitzel ausgebracht. Der Baumstreifen wird 2- bis 3-mal pro Jahr mit Schnittgut des Klee grasgemenges gemulcht. Ansonsten erfolgt kein weiteres Beikrautmanagement in den Baumstreifen.



Abb. 3.1-6 Baumstreifen mit Klee gras-Ansaat und Ackerstreifen mit Winterweizen auf dem Gladbacherhof (Juni 2021)

^{12,13} HLNUG

3.2 Vegetationsaufnahmen im Transekt

Der Grundaufbau der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Transektmethode ist **Abbildung 3.2-7 a** zu entnehmen. Ein Transekt setzte sich aus der Abfolge von 7 Schätzflächen zusammen. Die Größe der einzelnen Schätzflächen lag bei 2,5 mal 10 m (= 25 m²) und entsprach damit der unteren Grenze des Richtwerts für das Minimumareal von Ackerbeikrautgesellschaften (= 25-100 m²), der oberen Grenze des Richtwerts für Mähwiesen (= 10-25 m²) und einem Vielfachen jenes für gedüngte Weiden (= 5-10 m²) (TRAXLER 1997:50). Um eine pflanzensoziologische Auswertung (vgl. **3.3.1**), die Berechnung von Biodiversitäts-Gemeinschaftskoeffizienten (vgl. **3.3.4**) sowie einen Vergleich zwischen den Baumstreifen und Ackerflächen zu ermöglichen, wurde eine einheitliche Schätzflächengröße von 25 m² gewählt.

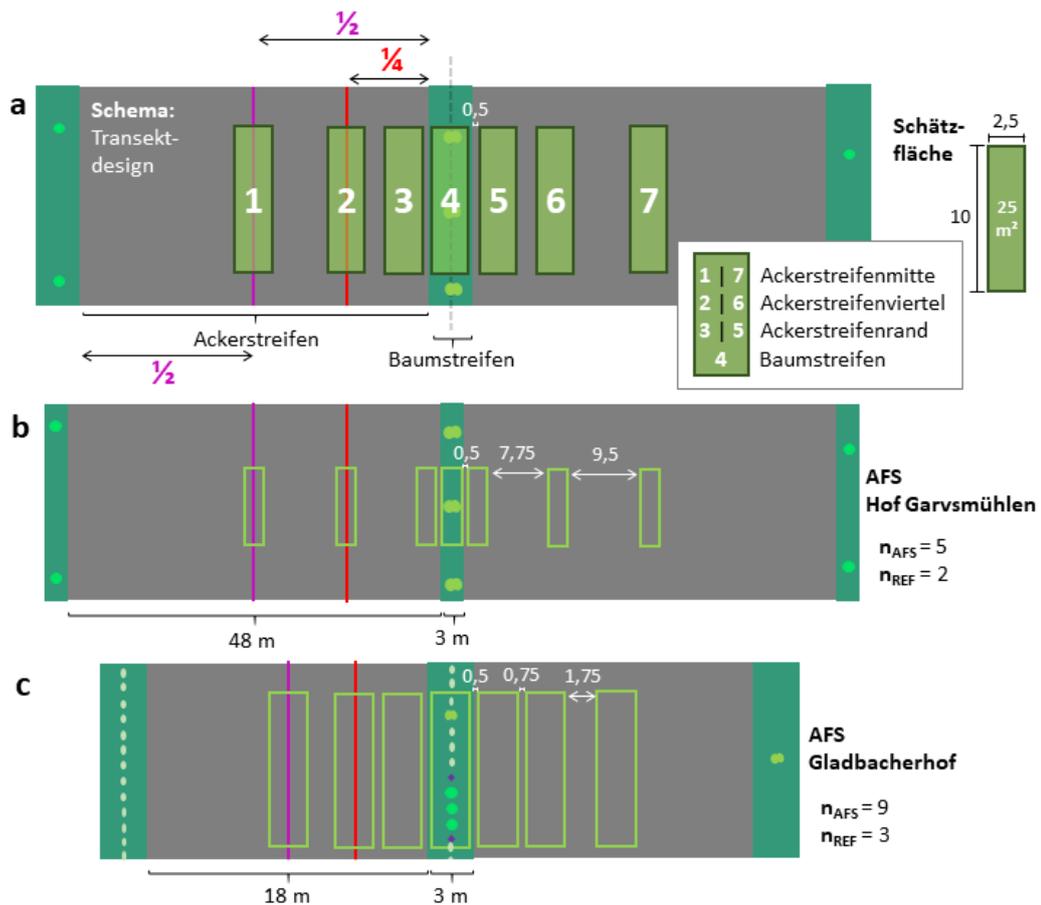


Abb. 3.2-7 Schematische Darstellung eines Transekts zur Begleitflora-Erhebung in AFS mit 25 m² Schätzflächen: **a**) auf verschiedene AFS übertragbares Schema, **b**) angewandt im AFS Hof Garvsmühlen (48 m Acker- und 3 m Gehölzstreifen) und **c**) Gladbacherhof (18 m Acker- und 3 m Gehölzstreifen). Die Schätzflächen 1 und 7 befinden sich in der Ackerstreifenmitte, 2 und 6 im Ackerstreifenviertel und 3 und 5 am Ackerstreifenrand, 0,5 m von der Baumstreifenkante entfernt. Schätzfläche 4 liegt im Baumstreifen. (verändert nach MINARSCH 2021)

Schätzfläche **4** liegt innerhalb des Baumstreifens. Die Schätzflächen **1** und **7** liegen auf halber Breite der zu beiden Seiten des Baumstreifens angrenzenden Ackerstreifen. Schätzfläche **2** und **6** auf einem Viertel der Ackerstreifenbreite und die Schätzflächen **3** und **5** einen halben Meter von den Rändern der Schätzfläche 4 entfernt. Die Platzierung der Schätzflächen 1, 2, 6 und 7 erfolgte in Anpassung an die Ackerstreifenbreite des untersuchten AFS (**Abb. 3.2-7 b** u. **c**). Der im Rahmen dieser Arbeit in Kooperation mit dem, auf den Untersuchungsflächen durchgeführten Monitoring entwickelte

Transektaufbau ist so in verschiedenen AFS mit unterschiedlichen Maßen anwendbar. Auf dem HGM wurden Erhebungen in 7 Transekten (AFS: 5, REF: 2, **Abb. 3.1-1**), auf dem GBH in 12 Transekten (AFS: 9, REF: 3, **Abb. 3.1-4**) durchgeführt. Die Transekte wurden im Zentrum der AFS und REF platziert, um Randeffekte zu minimieren. Während der Vegetationsaufnahmen wurde für jede der 25 m²-Schätzflächen die Gesamtdeckung (0 - 100%) geschätzt und eine Liste der vorkommenden Beikräuter und -gräser erstellt. Im Anschluss wurde die jeweilige Deckung aller vorgefundenen Arten in absoluten Prozentwerten geschätzt. Eine Deckungs-Schätzung erfolgte auch für die Ackerkultur und Baumstreifen-Ansaat. Zudem wurde die Vegetationshöhe an drei repräsentativen Stellen je Schätzfläche gemessen. Die Erhebungen fanden in der ersten Junihälfte 2021 statt. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits generative Merkmale erkennbar und viele Arten befanden sich in Blüte. Gleichzeitig waren die Erhebungen damit noch vor der ersten Mahd im Klee gras und mit ausreichend zeitlichem Abstand zu vorangegangenen Bodenbearbeitungen in den Getreidebeständen terminiert (HOFMEISTER & GARVE 1986, GEROWITT & HOFMEIJER 2018). Die in Summe 133 durchgeführten Vegetationsaufnahmen (HGM: 49, GBH: 84) sind als „stichprobenartige Abbilder von konkreten Pflanzengemeinschaften“ (EWALD 2005:476) zu betrachten.

3.3 Datenauswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels der Statistik-Software R 4.1.1 (R CORE TEAM 2021). Um die Unterschiede zwischen nicht gesäter Begleitflora und Ansaaten innerhalb der Baumstreifen herauszuarbeiten, wurden die Daten entsprechend der in **Tabelle 3.3-3** wiedergegebenen Struktur ausgewertet. Dabei wurden oftmals Vergleiche zwischen spontan im Baumstreifen vorkommenden Arten unter Ausschluss der im Vorjahr im Baumstreifen angesäten Arten (**Baumstreifen-Ansaaten exklusive**) mit der kompletten krautigen Baumstreifenflora (**Baumstreifen-Ansaaten inklusive**) gezogen. Eine Beschreibung der Methodik erfolgt im Folgenden für die einzelnen Auswertungen ausführlicher. Für das Testen auf signifikante Unterschiede wurden die Daten zunächst graphisch auf Normalverteilung und Varianzhomogenität der Residuen überprüft (DORMANN 2013:197). War diese gegeben, wurden je nach Anzahl der Gruppierungen ein two-sample-t-Test (**tstT**, 2 Gruppen) oder eine 1-faktorielle ANOVA (>2 Gruppen) durchgeführt. Im Falle nicht normalverteilter Daten wurden stattdessen der Man-Whitney-U-Test (**MWUT**, 2 Gruppen) bzw. Kruskal-Wallis-Test (**KWT**, >2 Gruppen) angewandt. Im Falle einer signifikanten ANOVA bzw. eines signifikanten Kruskal-Wallis-Tests wurde post-hoc ein pairwise-t-Test (**ptT**) bzw. dunn Test (**dT**) (FSA-package von OGLE et al. 2021) mit Bonferroni-Korrektur angewandt. Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte, wenn im Folgenden nicht anders beschrieben, mittels des R-package *ggplot2* (WICKHAM 2016).

Tab. 3.3-3 Struktur der ausgewerteten Datensätze unter Inklusion und Exklusion der Baumstreifen-Ansaaten

	Hof Garvsmühlen		Gladbacherhof	
Ackerkultur	AFS & REF: Klee gras - <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Trifolium repens</i>		AFS: Winterweizen - <i>Triticum aestivum</i> REF: Dinkel - <i>Triticum aestivum</i> subsp. <i>Spelta</i>	
Baumstreifen-Ansaaten	<i>inklusive</i>	<i>exklusive</i>	<i>inklusive</i>	<i>exklusive</i>
Anmerkungen	Blühstreifen-Ansaat eingeschlossen: <i>Artenliste s. Tab. 8.-13 im Anhang</i>	Blühstreifen-Ansaat in Baumstreifen-Schätzflächen 4 ausgeschlossen: Ausnahme <i>Papaver rhoes</i> und <i>Cyanum segetum</i> (da auch im AF-Ackerstreifen in hoher Stetigkeit vorkommend)	Klee gras-Ansaat eingeschlossen: <i>Lolium perenne</i> <i>Phleum pratense</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Trifolium pratense</i>	Klee gras-Ansaat ausgeschlossen

3.3.1 Pflanzensoziologische Einordnung der Beikrautbestände

Die Vegetationsdaten wurden über das Datenverwaltungsprogramm Turboveg (HENNEKENS & SCHAMINEE 2001) in Juice (TICHÝ 2002) importiert. Hier erfolgte eine Sortierung der Vegetationstabellen. Die Vegetationsdaten wurden für beide Höfe separat nach Vorkommen in folgende fünf Kategorien gruppiert:

Vorkommen ausschließlich innerhalb der ...

1. Baumstreifen,
2. Agroforst-Ackerstreifen,
3. Referenzackerfläche,

sowie Vorkommen innerhalb von ...

4. Agroforst-Ackerstreifen und Referenzackerfläche,
5. Baumstreifen, Agroforst-Ackerstreifen und Referenzackerfläche (Ubiquisten)

Die in Juice sortierten Vegetationsdaten, welche in absoluten Deckungsprozenten vorlagen, wurden abschließend in eine synoptische Tabelle mit prozentualen Stetigkeitswerten umgewandelt und als .csv-Datei exportiert.

Eine grobe pflanzensoziologische Zuordnung erfolgte anhand der Literatur von OBERDORFER (2001) unter Einbezug von OBERDORFER (1992). Entsprechend dieser Einordnung wurde die synoptische Vegetationstabelle farblich nachbearbeitet.

3.3.2 Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung

Die Aufnahmen wurden entlang der Transekte in fünf Gruppen kategorisiert: Baumstreifen (Schätzfläche 4), daran angrenzender Ackerstreifenrand (3 und 5), Ackerstreifenviertel (4 und 6) und Ackerstreifenmitte (1 und 7) sowie Referenz (Schätzflächen 1 bis 7). Die fünf genannten Gruppen wurden visuell in Juice und anhand einer Nicht-metrischen Multidimensionalen Skalierung (NMDS) in R 4.1.1 (R CORE TEAM 2021) auf erkennbare Muster und Gradienten zwischen den Gruppen untersucht. Eine NMDS ist ein indirektes Ordinationsverfahren der multivariaten Statistik, welches einer Visualisierung nicht-metrischer Art-Kompositionsdaten gleichkommt. Hierfür wurden die Vegetationsdaten, d.h. Artvorkommen und Deckung ohne Ackerkultur, inklusive Baumstreifen-Ansaat zunächst einer Hellingertransformation unterzogen. Als asymmetrische Transformation eignet sich diese nach LEGENDRE & LEGENDRE (2012:330) für Artabundanzdaten. Anschließend wurde eine Bray-Curtis Distanzmatrix gemäß **Formel I** nach ODUM (1950) sowie BRAY & CURTIS (1957) erstellt (LEGENDRE & LEGENDRE 2012:311).

Formel I.

$$D(x_1, x_2) = \frac{\sum_{i=1}^p |Y_{1i} - Y_{2i}|}{\sum_{i=1}^p (Y_{1i} + Y_{2i})} = 1 - \frac{2W}{A+B} \quad \begin{array}{l} A = \text{Anzahl der Arten in erster Aufnahme} \\ B = \text{Anzahl der Arten in zweiter Aufnahme} \\ W = \text{Anzahl der Arten, die in beiden Aufnahmen vorkamen} \end{array} \quad (I.)$$

Über die NMDS wurden die Bray-Curtis Distanzwerte zu einer Biplot-Visualisierung der Ähnlichkeit zwischen den verschiedenen Stichproben, d.h. den einzelnen Vegetations-Schätzflächen, im

zweiskaligen Raum verarbeitet. Für die Durchführung und Visualisierung in R wurden die packages *vegan* (OKSANEN et al. 2020) und *ggvegan* (SIMPSON et al. 2019) genutzt.

3.3.3 Funktionelle Pflanzenmerkmale

Die auf den verschiedenen Höfen kartierte Begleitflora wurde mit Hinblick auf drei verschiedene funktionelle Merkmale untersucht: die Lebensformen nach RAUNKIÆR, Strategietypen nach GRIME und Zeigerwerte nach ELLENBERG.

Funktionelle Merkmale werden im Rahmen dieser Arbeit als jene Pflanzeigenschaften definiert, deren Ausprägung eine positive oder negative Auswirkung (Leistung oder Schaden) auf das Agrarökosystem zufolge haben können. Diese Definition folgt jener von GARNIER & NAVAS (2012) und BÀRBERI et al. (2018).

Folgend werden die für alle Pflanzenmerkmale angewandten Auswertungsschritte beschrieben. Daran anschließend folgt eine Beschreibung der für die jeweiligen funktionellen Merkmale spezifischen Auswertung.

Für die Liste der erhobenen Pflanzenarten wurden die artspezifischen Lebensformen nach RAUNKIÆR (1904 in ELLENBERG et al. 2001), Strategietypen nach GRIME (1979 aus KLOTZ et al. 2002) und Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) bezogen. Diese wurden in R 4.1.1 (R CORE TEAM 2021) unter Anwendung der packages *reshape2* (WICKHAM 2007), *forcats* (WICKHAM et al. 2021a), *tidyr* (WICKHAM et al. 2021b) und *dplyr* (WICKHAM et al. 2021c) mit den Vegetationsdaten der untersuchten Flächen synthetisiert.

3.3.3.1 Lebensform nach Raunkiær

Die Vegetationsaufnahmen wurden entsprechend der Lage im Baumstreifen, Ackerstreifen und Referenz gegliedert. Zusätzlich wurden die im Baumstreifen angesäten Arten und die hier kartierte Begleitflora separat betrachtet. Die Ackerkultur wurde von der Betrachtung ausgeschlossen.

a) Berechnung des prozentualen Anteils anhand von Präsenz-Absenz-Daten

Zunächst wurde für jede Lebensform und die fünf genannten Untereinheiten die Häufigkeit der verschiedenen Lebensformen über die Summe der kartierten Arten (reine Präsenz-Absenz-Daten) und ihrer jeweiligen Lebensformen errechnet. Zwecks Vergleichbarkeit wurden anschließend aus den Häufigkeitswerten die mittleren prozentualen Anteile der Lebensformen je Untereinheit errechnet. Die von den verschiedenen Arten je Schätzfläche eingenommene Deckung fand an dieser Stelle keine Berücksichtigung. Die Anteile der Lebensformen ergaben sich demnach aus den mittleren Artenanzahlen, die jenen je Schätzfläche zugeordnet wurden.

b) Deckung der Begleitflora nach Lebensformen

Für die fünf genannten Untereinheiten wurde die mittlere Deckung der erhobenen Begleitflora nach Lebensformen dargestellt.

3.3.3.2 Strategietyp nach Grime

Die Strategietypen nach Grime klassifizieren Pflanzenarten entsprechend ihrer Anpassungsmechanismen an Störungen in Konkurrenz-, Ruderal- und Stress-Strategen sowie Mischtypen zwischen den drei Strategien (GABA et al. 2014). Anhand der artspezifischen Strategietypen nach GRIME (1979 aus KLOTZ et al. 2002) wurden zunächst die gewichteten CRS-Mittelwerte für jede Schätzfläche

berechnet. Als Gewichtungsfaktor dienten die Schätzflächen- und artspezifischen visuellen Bedeckungsgrade. Eine Visualisierung der gewichteten Mittelwerte wurde in Form von Dreiecksdiagrammen mit der *ggplot*-Erweiterung *ggtern* (HAMILTON & FERRY 2018) umgesetzt.

3.3.3.3 Zeigerwerte nach Ellenberg

Nach der Synthese der Ellenberg-Zeigerwerte mit den Vegetationstabellen wurden zum einen die ungewichteten (qualitativen) Mittelwerte anhand von Präsenz-Absenz-Daten, zum anderen die gewichteten (quantitativen) Mittelwerte unter Einbezug der Deckungen als Gewichtungsfaktor berechnet. Untersucht wurde die Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl. Einzelne nur auf Gattungsniveau bestimmte Individuen, denen keine Zeigerwerte zugeordnet werden konnten, wurden von der Berechnung der mittleren Ellenberg-Zeigerwerte ausgeschlossen. Zudem wurden die Zeigerwerte der Baumstreifen-Begleitflora (Exklusion der Ansaaten) mit jenen der gesamten Baumstreifenflora (Inklusion der Ansaaten) verglichen. Die Visualisierung der Zeigerwerte erfolgte in Form von Boxplots für die Abfolge der sieben Schätzflächen eines Transekts. Statistische Tests wurden, wie in einführendem Abschnitt zur Datenauswertung **3.3** beschrieben, durchgeführt.

Ziel war es, die Transektabfolge auf standörtliche Gradienten zu prüfen. Die errechneten Zeigerwerte sind hierbei nicht als absolute Aussagen über die Indikatoren, sondern als Hinweise auf standörtliche Unterschiede zu verstehen (BERG & MAGNES 2019).

3.3.4 Biodiversitätsindizes

3.3.4.1 Alpha-Diversität

Für die untersuchten AFS und ihre REF wurden die Artenanzahl, Shannon- und Evenness-Indizes für die Schätzflächenabfolge 1 bis 7 entlang der Transekte berechnet. Ziel war es, die Diversität entlang des vermuteten ökologischen Gradienten abzubilden.

Für die Baumstreifen-Schätzflächen erfolgte ein Vergleich zwischen den Alpha-Diversitäts-Maßen unter Einbezug und Ausschluss der Baumstreifen-Ansaaten (Blühstreifen-Ansaat/Klee gras), um den Einfluss der Ansaaten auf die Biodiversität zu untersuchen. Zwecks Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen geplanter und assoziierter Diversität (**Fragestellung IV**) erfolgte für den Gladbacherhof, wo pro Baumstreifentyp (Apfel, Kombi, Pappel) jeweils 3 Transekte kartiert wurden, ebenfalls ein Vergleich zwischen den verschiedenen Baumstreifentypen.

Die **Artenanzahl** innerhalb der Agroforst- und Referenzfläche und ihre Teilmengen wurden mittels der packages *dplyr* (WICKHAM et al. 2021c), *janitor* (FIRKE 2021) und *eulerr* (LARSSON 2021) als Euler-Diagramme geplottet.

Die Berechnung der **Shannon-** und **Evenness-**Indizes erfolgte mittels *vegan::diversity()* (OKSANEN et al. 2020) entsprechend Shannon-Weaver-**Formel II** und Pielou's Evenness **Formel III** (HILL 1973). Die Visualisierung erfolgte in Form von Boxplots. Statistische Tests wurden, wie in Abschnitt **3.3** Datenauswertung beschrieben, durchgeführt.

Formel II.

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_b p_i \quad \begin{array}{l} p_i = \text{die relative Abundanz der } i\text{-ten Art, gemessen von 0 bis 1} \\ S = \text{Anzahl der Arten} \\ \log_b = \text{Logarithmus mit Basis } b, \text{ hier: } b = 2 \end{array} \quad (II.)$$

Formel III.

$$E = \frac{H}{\log s} \quad (III.)$$

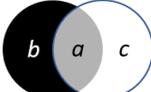
3.3.4.2 Beta-Diversität

Über die Beta-Diversität lassen sich Ableitungen zu Ähnlichkeit und Florenkontrast der Aufnahmen entlang des Gradienten treffen. Als Beta-Diversitätsindex wurde der Jaccard-Index entsprechend **Formel IV** nach JACCARD (1908) unter Anwendung von `vegan::vegdist()` (OKSANEN et al. 2020) berechnet. Der Jaccard-Index vergleicht verschiedene Vegetationsaufnahmen anhand von Präsenz-Absenz-Artdaten und gilt als der bekannteste unter den asymmetrischen Präsenzgemeinschaftskoeffizienten (LEGENDRE & LEGENDRE 2012). Die Beta-Diversitätswerte wurden für alle Agroforst- und Referenz-Tranekte entlang der Schätzflächenabfolge (1-7) sowie im Vergleich aller Acker-Schätzflächen (1,2,3,5,6,7) zur Baumstreifen-Schätzfläche (4) geplottet (vgl. MÖSELER et al. 2009).

Formel IV.

$$J(x_1, x_2) = \frac{a}{a + b + c} \quad (IV.)$$

a = Anzahl gemeinsamer Arten
 b = Anzahl Arten, die nur in der ersten Aufnahme vorkommen
 c = Anzahl Arten, die nur in der zweiten Aufnahme vorkommen



Zudem wurden über `adespatial::beta.div.comp()` (DRAY et al. 2021) die totale Jaccard-Beta-Diversitäten (BDtotal) der AFS und REF berechnet. BDtotal ergibt sich hierbei aus den **Formeln V-VII** und entspricht der totalen Varianz der Vegetations-Matrix. BDtotal ist demnach ein Maß für die totale Heterogenität einer Vegetationstabelle bestehend aus einer Vielzahl an Aufnahmen. Eine detailliertere Beschreibung ist LEGENDRE & CÁCERES (2013) zu entnehmen.

Formel V. – VII.

$$S_{ij} = (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \quad (V.)$$

S = rechteckige Matrix $n \times p$
 S_{ij} = ein Element innerhalb Matrix S als quadrierte Differenz zwischen y_{ij} und Mittelwert der korrespondierenden j -ten Art

$$SS_{Total} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p S_{ij} \quad (VI.)$$

SS = sum of squares

$$BD_{Total} = Var(Y) = \frac{SS_{Total}}{(n-1)} \quad (VII.)$$

$Var(Y)$ = Summe der Quadratzahlen

3.3.4.3 Artenanzahl und Deckungsverhältnisse

Für die Untersuchung gemeinsamer Muster der visuell im Feld geschätzten Gesamtdeckung, Kulturdeckung, Begleitfloradeckung und gezählten Artenanzahl (Baumstreifen-Ansaaten eingeschlossen, vgl. **Tab. 3.3-3**) wurden die Pearson Korrelationskoeffizienten mittels `PerformanceAnalytics::chart.Correlation` (PETERSON & CARL 2020) und `Hmisc::rcorr` (HARRELL 2021) berechnet. Als Kulturdeckung wurde für die Ackerflächen die Deckung der Ackerkulturen (HGM: Klee gras; GBH: Weizen/Dinkel), für die Baumstreifen die hiesigen Ansaaten (HGM: Blühstreifen; GBH: Klee gras) herangezogen. Da die Daten metrisch sowie frei von extremen Ausreißern vorlagen und bei einer Stichprobenanzahl von größer 30 aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes von einer bivariaten

Normalverteilung ausgegangen werden kann, waren die Voraussetzungen für die Anwendung des Pearson Korrelationskoeffizienten erfüllt.

3.3.5 Naturschutzfachlicher Wert für Bestäuberinsekten

Zunächst wurden die kartierten Arten auf ihren Bestand nach METZING et al. (2018), ihren RL-Status auf Bundes- und Landesebene (VOIGTLÄNDER & HENKER 2005, METZING et al. 2018, STARKE-OTTICH & GREGOR 2019), die Bestandes-Tendenz nach ELLENBERG et al. (2001) sowie die Einstufung zur Verantwortung nach WELK (2001) und GRUTTKE et al. (2004) überprüft. Zudem wurde geprüft, ob sich unter den kartierten Arten Neophyten befinden.

Um eine funktionelle Einordnung der Begleitflora anhand ihrer *Blütenökologie* und Bedeutung für Bestäuberinsekten diskutieren zu können, wurden Vorkommen und Verteilung der verschiedenen Blumenklassen nach MÜLLER (1873, 1881, entnommen KLOTZ et al. 2002) innerhalb der Agroforst- und Referenzfläche untersucht.

Insekten, hier Bestäuberinsekten, durchlaufen komplexe Lebenszyklen mit unterschiedlichen Stadien (WESTRICH 2018:13). Die alleinige Betrachtung der Blumenklassen ist demnach bei Weitem nicht ausreichend, um eine Einschätzung des naturschutzfachlichen Werts für die untersuchten AFS vorzunehmen. Die aus den Blumenklassen erschließbaren Erkenntnisse werden innerhalb der Diskussion zur naturschutzfachlichen Wertigkeit in einen größeren Kontext gesetzt (vgl. 5.5).

Die Blumenklassen-Auswertungsschritte entsprachen jenen der Lebensformen nach Raunkiaer (vgl. 3.3.3.1). Die Vegetationsaufnahmen wurden entsprechend ihrer Lage im Baumstreifen, Ackerstreifen und Referenz unterteilt. Zusätzlich wurden die im Baumstreifen angesäten Arten und die hier kartierte Begleitflora separat betrachtet. Die Ackerkultur wurde von der Betrachtung ausgeschlossen.

- a) Berechnung des prozentualen Anteils anhand von Präsenz-Absenz-Daten
- b) Deckung der Begleitflora nach Blumenklassen

3.3.6 Begleitflora mit wirtschaftlichem Schadpotenzial

3.3.6.1 Begleitflora-Kultur-Verhältnis

Um die Deckung der Begleitflora mit der Deckung der Ackerkultur zu vergleichen, wurde das Begleitflora-Kultur-Verhältnis (*weed-crop-ratio*) für die AFS und zugehörigen REF gemäß **Formel VIII** nach BOINOT et al. (2019) errechnet. Im AFS wurden Baumstreifen und Ackerstreifen getrennt betrachtet. Während in den Ackerflächen die zuvor genannten Getreide (GBH) und Klee gras (HGM) kultiviert wurden, wurde im Baumstreifen des HGM die Blühstreifen-Ansaat und auf dem GBH die Klee gras-Ansaat als Kultur gewertet (vgl. **Tab. 3.3-3**). In die Berechnung wurde die Gesamtheit der kartierten Beikräuter und -gräser einbezogen.

Formel VIII.

$$\text{Begleitflora-Kultur-Verhältnis} = \frac{\text{Begleitfloradeckung}}{\text{Begleitfloradeckung} + \text{Kulturdeckung}} \quad (\text{VIII.})$$

3.3.6.2 Betrachtung spezifischer Arten

Für eine Auswahl von Begleitflora-Arten mit erhöhtem Schadpotenzial wurden zwei Ansätze verfolgt. Zum einen wurde über eine Literaturrecherche eine Liste an Arten erstellt, die überregional als Arten mit überdurchschnittlichem Schadpotenzial gelten können (**Ansatz a**). Zum anderen wurde die Betriebsleitung befragt, welche Arten für sie aus der ortsspezifischen Erfahrung heraus als problematisch gelten (**Ansatz b**). Für beide Ansätze wurde die Deckung der ausgewählten Beikräuter und -gräser entlang der Transekte in AFS und REF als Boxplots dargestellt.

a) Überregionale Artenauswahl

Arten, die im Rahmen dieser Arbeit kartiert wurden und denen durch GEROWITT & HEITEFUSS (1990), MARSHALL et al. (2003) oder HOFMEIJER et al. (2017) ein überdurchschnittliches Schadpotenzial zugewiesen wurde, sind in **Tabelle 8.-14 im Anhang** wiederzufinden. Genannte Reviews verfolgten unterschiedliche Untersuchungsschwerpunkte und synthetisieren das Wissen aus mitteleuropäischen Studien mit einem Schwerpunkt auf dem deutschen Raum. Aufgrund ihres überregionalen Charakters sind sie nicht eins zu eins auf die ortsspezifischen Gegebenheiten der Untersuchungsgebiete übertragbar. Die Auswahl an schwer kontrollierbaren Arten ist demnach nur als grobe Annäherung für eine Bewertung potenziell wirtschaftlich relevanter Beikräuter und -gräser zu verstehen. Bei der Gesamtauswahl von potenziellen Schadbeikräutern und -gräsern wurden Arten, die nach MARSHALL et al. (2003) einen Kompetitivitätsindex von größer 25 aufwiesen, von der Gesamtartenauswahl ausgeschlossen. So floss letztlich die akkumulierte Deckung folgender Arten in die Auswertung ein: *Anchusa arvensis* s. str., *Avena fatua*, *Apera spica-venti*, *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Cyanus segetum*, *Daucus carota*, *Fallopia convolvulus*, *Galium aparine*, *Lapsana communis*, *Myosotis arvensis*, *Papavaer rhoes*, *Persicaria maculosa*, *Sinapis arvensis*, *Stellaria media*, *Tripleurospermum inodorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Rumex spec.*, *Veronica agrestis*, *Vicia tetrasperma*.

b) Ortsspezifische Artenauswahl

Hof Garvsmühlen

Die Auswahl der ortsspezifisch problematischen Begleitflora beinhaltet folgende Arten: *Avena fatua*, *Bromus sterilis*, *Bromus tectorum*, *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Brassica napus* und *Hordeum vulgare*. (ARNDT 2022)

Gladbacherhof

Folgenden Arten wurde im örtlichen Betriebskontext ein gegenüber anderen Beikräutern und -gräsern überdurchschnittliches Schadpotenzial zugewiesen: *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Sinapis arvensis* und *Galium aparine*. (SCHULZ 2022)

4. ERGEBNISSE

4.1 Beschreibung der Beikrautbestände und Pflanzensoziologische Einordnung

Fragestellung I

Wie unterscheidet sich das **Arteninventar** der **Begleitflora** zwischen Baumstreifen und Ackerstreifen im Agroforstsystem und zur Referenzackerfläche? Lassen sich **pflanzensoziologische Einordnungen** vornehmen?

Im Folgenden werden die Pflanzenbestände der Baumstreifen und Ackerflächen beschrieben. Hierbei werden die Arten, entsprechend ihrer Stetigkeit und gruppiert nach ihrem Vorkommen ausschließlich in den **Baumstreifen**, in den **Baumstreifen und Ackerflächen** (Ubiquisten) sowie ausschließlich in den **Ackerflächen** (Agroforst-Ackerstreifen und Referenzacker) genannt (**A**). Je Teilbereich wird eine pflanzensoziologische Zuordnung vorgenommen (**B**). Wo möglich werden Pflanzengesellschaften angesprochen. Während Pflanzengesellschaften abstrakte pflanzensoziologische Vegetationseinheiten darstellen, gelten Pflanzenbestände als die konkret an Ort und Stelle gemeinsam vorkommenden Pflanzen. HOFMEISTER & GARVE (1986:135) beschreiben Pflanzengesellschaften als „*gesetzesmäßige, standortabhängige und konkurrenzbedingte Kombinationen von Pflanzenindividuen, die sich mit ihrer Umwelt in einem dynamischen Gleichgewicht befinden.*“

4.1.1 Hof Garvsmühlen

Das Arteninventar und die Stetigkeit der Pflanzenbestände sowie eine der pflanzensoziologischen Klassifizierung entsprechende farbliche Markierung ist **Tabelle 4.1-4** zu entnehmen.

A. Beschreibung der Beikrautbestände

Baumstreifen

Die **Baumstreifen** wurden durch die Ansaaten von Wildblumen und Kulturpflanzen der im Anhang gelisteten Blütmischung charakterisiert (**Tab. 8.-13**). Mit einer Stetigkeit von 100 % kamen in den Baumstreifen-Schätzflächen die Arten *Camelina sativa* agg., *Trifolium incarnatum*, *Cyanus segetum*, *Raphanus raphanistrum*, *Papaver rhoeas*, *Pisum sativum*, *Coriandrum sativum*, *Daucus carota*, *Vicia faba*, *Achillea millefolium*, *Calendula officinalis*, *Plantago lanceolata*, *Reseda luteola*, *Silene latifolia* subsp. *alba*, *Foeniculum vulgare*, *Leucanthemum irtutianum*, *Malva sylvestris*, *Lotus corniculatus*, *Lepidium sativum*, *Silene dioica* und *Silene vulgaris* vor. Hierbei waren *Camelina sativa* agg., *Trifolium incarnatum*, *Cyanus segetum* und *Raphanus raphanistrum* mit einer jeweiligen Deckung von 30, 20, 15 und 10 % die dominantesten Arten. Mit einer Stetigkeit von 80 % waren als weitere Ansaaten *Petroselinum crispum*, *Medicago sativa* und *Melilotus officinalis* sowie mit einer Stetigkeit von 60 % *Tanacetum vulgare*, *Phacelia tanacetifolia* und *Centaurea jacea* agg. vertreten. Als nicht angesäte Arten wurden *Avena fatua*, *Veronica hederifolia* agg. und *Erodium cicutarium* agg. im Baumstreifen kartiert. *Sinapis arvensis* war in den Baumstreifen mit einer Stetigkeit von 40 % vertreten.

Baumstreifen und Ackerflächen

Unter den angesäten Arten war kein Übergang in den Ackerstreifen hinein erkennbar. Stattdessen schufen die auf den Baumstreifen beschränkten Blühstreifen-Ansaaten einen starken Kontrast zwischen dem Arteninventar der Baum- und Ackerstreifen. Lediglich *Cyanus segetum* und *Papaver rhoeas*, die im Baumstreifen angesät mit einer Frequenz von 100 % vorkamen, wurden in Ackerstreifen und Referenzfläche relativ gleichmäßig verteilt in geringerer Frequenz von 20 bzw. 60 % kartiert.

Tab. 4.1-4 Arten der Begleitflora auf dem Hof Garvsmühlen und Markierung der Arten je nach pflanzensoziologischer Zuordnung in die Klassen **Artemisietea vulgaris**, **Molinio-Arrhenatheretea**, **Chenopodietea** und **Secalietea**

Vorkommen	Art	Absolute Stetigkeit	Prozentuale Stetigkeit		
			Baumstreifen	Ackerstreifen	Referenz
			(n=5)	(n=30)	(n=14)
Baumstreifen	<i>Reseda luteola</i>	5	100	0	0
	<i>Tanacetum vulgare</i>	3	60	0	0
	<i>Poa trivialis</i> agg.	2	20	3	0
	<i>Foeniculum vulgare</i>	5	100	0	0
	<i>Malva sylvestris</i>	5	100	0	0
	<i>Melilotus officinalis</i>	4	80	0	0
	<i>Silene dioica</i>	5	100	0	0
	<i>Daucus carota</i>	5	100	0	0
	<i>Medicago sativa</i>	4	80	0	0
	<i>Achillea millefolium</i>	5	100	0	0
	<i>Plantago lanceolata</i>	5	100	0	0
	<i>Lotus corniculatus</i>	5	100	0	0
	<i>Centaurea jacea</i> agg.	3	60	0	0
	<i>Lepidium sativum</i>	5	100	0	0
	<i>Lamium purpureum</i> var. <i>purpureum</i>	3	20	7	0
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	5	100	0	0
	<i>Avena fatua</i>	3	60	0	0
	<i>Erodium cicutarium</i> agg.	3	60	0	0
	<i>Sinapis arvensis</i>	2	40	0	0
	<i>Camelina sativa</i> agg.	5	100	0	0
	<i>Coriandrum sativum</i>	5	100	0	0
	<i>Calendula officinalis</i>	5	100	0	0
	<i>Silene vulgaris</i>	5	100	0	0
	<i>Leucanthemum ircutianum</i>	5	100	0	0
	<i>Trifolium incarnatum</i>	5	100	0	0
	<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>	5	100	0	0
	<i>Pisum sativum</i>	5	100	0	0
	<i>Vicia faba</i>	5	100	0	0
	<i>Petroselinum crispum</i>	5	80	3	0
	<i>Veronica hederifolia</i> agg.	3	60	0	0
	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	3	60	0	0
	<i>Leontodon hispidus</i>	1	20	0	0
<i>Cichorium intybus</i>	1	20	0	0	
<i>Myosotis arvensis</i>	1	20	0	0	
<i>Secale cereale</i>	1	20	0	0	
Ackerstreifen	<i>Lolium perenne</i>	2	0	7	0
	<i>Equisetum arvense</i>	1	0	3	0
	<i>Bromus sterilis</i>	1	0	3	0
	<i>Bromus tectorum</i>	1	0	3	0
	<i>Brassica rapa</i>	1	0	3	0
	<i>Triticum aestivum</i>	1	0	3	0
Referenz	<i>Rumex acetosa</i>	1	0	0	7
Ackerstreifen und Referenz	<i>Rumex crispus</i>	5	0	7	21
	<i>Geranium dissectum</i>	9	0	10	43
	<i>Vicia hirsuta</i>	3	0	7	7
Ubiquisten	<i>Lactuca serriola</i>	2	0	3	7
	<i>Sisymbrium officinale</i>	47	80	97	100
	<i>Stellaria media</i> subsp. <i>media</i>	41	80	87	79
	<i>Anchusa arvensis</i> s. str.	37	40	83	71
	<i>Geranium pusillum</i>	35	80	80	50
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	21	60	23	79
	<i>Brassica napus</i>	14	100	20	21
	<i>Viola arvensis</i>	48	100	97	100
<i>Papaver rhoeas</i>	32	100	60	64	
<i>Matricaria chamomilla</i>	34	100	57	86	
<i>Cyanus segetum</i>	14	100	20	21	
<i>Hordeum vulgare</i>	47	100	93	100	

Daneben wurden keine der im Baumstreifen angesäten Arten innerhalb der Ackerflächen vorgefunden. Als nicht angesäte Beikräuter kamen mit einer Stetigkeit von 100 % *Viola arvensis* und *Matricaria chamomilla* im Baumstreifen vor. Innerhalb der Ackerflächen war *Viola arvensis* ebenfalls mit einer Stetigkeit von annähernd 100 % anzutreffen, während *Matricaria chamomilla* im Ackerstreifen in etwas geringerer Stetigkeit vorkam. *Sisymbrium officinale* und *Anchusa arvensis* s. str. waren auf den Ackerstreifen in höherer prozentualer Stetigkeit als im Baumstreifen vorzufinden. *Stellaria media* subsp. *media*, *Geranium pusillum* und *Capsella bursa-pastoris* waren in Baumstreifen und Ackerflächen gleichermaßen vertreten. *Brassica napus* und *Hordeum vulgare* waren als Ausfallgetreide bzw. Ausfallraps im Baumstreifen sowie im Ackerstreifen anzutreffen.

Ackerstreifen und Referenzacker

Zwischen Ackerstreifen und Referenzfläche zeigten sich keine deutlichen Unterschiede im Arteninventar, weswegen sie folgend zusammengefasst als Ackerflächen beschrieben werden. Ausschließlich auf den Ackerflächen und nicht in den Baumstreifen kamen die Arten *Geranium dissectum*, *Rumex crispus*, *Vicia hirsuta*, *Lolium perenne* und *Lactuca serriola* vor.

Weitere Einzelfunde sind in hellgrauer Schrift **Tab. 4.1-4** zu entnehmen.

B. Pflanzensoziologische Zuordnung

Die vorgefundenen Pflanzenbestände sind pflanzensoziologisch kaum klassifizierbar, können maximal als Fragmente bzw. Ausschnitte pflanzensoziologischer Gesellschaften betrachtet und hohen pflanzensoziologischen Einheiten wie Klassen und Ordnungen zugeordnet werden. Jene Zuordnung wird im Folgenden für Arten des Baumstreifens, der Ackerflächen und jenen, die sich in Baumstreifen und Ackerflächen gleichzeitig wiederfanden, beschrieben.

Die artenreiche Blühstreifen-Ansaat im Baumstreifen ist als künstliche Ansaat nicht eindeutig innerhalb der auf natürlichen Pflanzengesellschaften fußenden Pflanzensoziologie einzugliedern. Die angesäten Arten im **Baumstreifen** finden sich natürlicherweise vorwiegend innerhalb der Klassen *Artemisietea vulgaris* (Stickstoff-Krautfluren), *Chenopodietea* (Hackbeikraut- und Ruderalgesellschaften), *Molinio-Arrhenatheretea* (Mähwiesen und Weidegesellschaften) und *Secalietea* (Getreidebeikrautgesellschaften) wieder. Hierbei liegt keine Trennschärfe zwischen den Klassen vor, sodass ein Großteil der kartierten Pflanzen mehreren pflanzensoziologischen Klassen und ihren Untereinheiten gleichzeitig zugehörig ist. Die ausschließlich auf den **Ackerflächen** kartierten Arten spiegeln Fragmente der Klasse *Chenopodietea*, *Secalietea* und *Artemisietea vulgaris* wider. Arten die in **Baumstreifen und Ackerflächen** vorkamen, finden sich ebenfalls in den Klassen *Chenopodietea* und *Secalietea* wieder.

Artemisietea vulgaris

Den nitrophytischen Gesellschaften der Klasse **Artemisietea vulgaris** ist das Vorkommen auf nährstoffreichen Standorten und die Ausbildung meist meterhoher Staudenfluren aus wintereinjährigen bis mehrjährigen Hemikryptophyten gemein (OBERDORFER 1992:135). Die im Baumstreifen gesäten Arten *Silene dioica*, *Malva sylvestris*, *Reseda luteola*, *Daucus carota*, *Tanacetum vulgare* und *Melilotus officinalis* stellen Charakterarten innerhalb verschiedener Ordnungen und Verbände der Klasse *Artemisietea vulgaris*, vor allem deren Unterklasse **Artemisietea vulgaris**, dar (OBERDORFER 2001). Letzte fasst zweijährige bis ausdauernde Ruderal-Staudenfluren zusammen, die heute fast ausschließlich auf anthropogenen Ruderalstandorten wachsen (OBERDORFER 1992:213). Unter den Arten des Blühstreifens sind *Reseda luteola*, *Malva sylvestris*, *Tanacetum vulgare*, *Foeniculum vulgare*, *Daucus carota*, *Silene vulgaris*, *Medicago sativa*, *Cichorium intybus* und *Melilotus officinalis* Vertreterinnen der Ordnung **Onopordetalia acanthii** (OBERDORFER 2001). Als Arten, die im Acker und in den Baumstreifen vorkamen, sind *Poa trivialis* und *Sisymbrium officinale* ebenfalls Teil von *Artemisietea*-Gesellschaften. Dies gilt auch für die ausschließlich in den Ackerflächen kartierten Beikräuter *Equisetum arvense* und *Lactuca serriola*.

Molinio-Arrhenatheretea

In der Klasse **Molinio-Arrhenatheretea** sind Gesellschaften des Wirtschaftsgrünlands, der Futter- und Streuwiesen zusammengefasst. Ihre floristischen Strukturen gehen u.a. aus landwirtschaftlichen Eingriffen wie dem Mähen und Düngen hervor. Ein Teil der Beikräuter auf dem HGM, insbesondere des Baumstreifens, können innerhalb der Klasse **Molinio-Arrhenatheretea** der Ordnung **Arrhenateretalia** zugeordnet werden. Diese fasst in besonderem Maße von anthropogener Überprägung bestimmte Fettwiesen-, Fettweiden und Parkrasen-Gesellschaften zusammen (OBERDORFER 1992:346). Innerhalb der Baumstreifen lassen sich die angesäten Arten *Plantago lanceolata*, *Centaurea jacea* agg., *Silene dioica*, *Lotus corniculatus*, *Daucus carota*, *Achillea millefolium*, *Medicago sativa* und der nicht angesäte *Leontodon hispidus* in die Ordnung **Arrhenateretalia** eingliedern. Auch *Poa trivialis*, welches in Baumstreifen und Ackerflächen vorkam sowie *Rumex acetosa*, *Rumex crispus* und *Lolium perenne*, die ausschließlich im Acker kartiert wurden, sind Teil der **Molinio-Arrhenatheretea**-Gesellschaften. Ebenfalls sind die Arten der Klee gras-Ansaat in den Ackerflächen (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens* und *Lolium multiflorum*) innerhalb der **Arrhenateretalia**-Gesellschaften vorkommend.

Chenopodietea

Die Klasse **Chenopodietea** fasst die Gänsefußgesellschaften, annuellen Ruderalgesellschaften und Hackfrucht-Beikrautgesellschaften zusammen. Hierzu gehörige Pflanzen sind vorwiegend konkurrenzschwache Therophyten, die auf offene und unbewachsene Böden, wie sie in der Landwirtschaft mit den Bewirtschaftungszyklen wiederkehren, angewiesen. Somit setzt sich die Klasse **Chenopodietea** aus Pioniergesellschaften zusammen, die meist bereits im Folgejahr von mehrjährigen Arten überwachsen und verdrängt werden (OBERDORFER 1992:48). Einige Pflanzenarten im Baumstreifen lassen sich der Klasse **Chenopodietea** zuordnen. Hierzu zählen die Beikräuter *Avena fatua*, *Erodium cicutarium* agg. und *Papaver rhoeas* sowie angesät *Raphanus raphanistrum*, *Foeniculum vulgare*, *Malva sylvestris*, *Lepidium sativum* und *Sinapis arvensis*. Aufgrund der bewirtschaftungsbedingten Standortbedingungen im Acker ist, wie erwartet, ein Großteil der ausschließlich im Acker kartierten Arten Teil von **Chenopodietea**-Gesellschaften. Hierzu zählen *Bromus tectorum*, *Equisetum arvense*, *Vicia hirsuta*, *Lactuca serriola*, *Lolium perenne*, *Geranium dissectum* und *Bromus sterilis*. Als im Acker und Baumstreifen vorkommende Ubiquisten zählen zudem *Stellaria media* subsp. *media*, *Geranium pusillum*, *Brassica napus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lamium purpureum* var. *purpureum*, *Anchusa arvensis* s.str., *Sisymbrium officinale* und *Viola arvensis* zu den Hackbeikraut- und Ruderalgesellschaften (OBERDORFER 2001).

Secalietea

Zwischen der Klasse **Secalietea** (Getreide- bzw. Segetal-Beikrautgesellschaften) und den Ruderal- und Hackbeikrautgesellschaften der Klasse **Chenopodietea** gibt es starke Überlappungen im Arteninventar und insbesondere dort, wo Hackfrüchte und Getreide Teil einer Fruchtfolge sind, kommen Arten der Segetal- und Hackflora meist gleichzeitig auf einem Acker vor. Dennoch wird die getrennte Betrachtung der beiden Klassen von OBERDORFER (1992:15) als sinnvoll erachtet. So gehören zu den Getreide-Beikrautgesellschaften, das ausschließlich im Baumstreifen vorgefundene Beigras *Avena fatua* und Beikraut *Erodium cicutarium* agg. sowie die gesäten Arten *Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*, welche allerdings ebenso der Klasse **Chenopodietea** zugeordnet werden können (vgl. Abschnitt **Chenopodietea**). Eindeutiger sind die im Blühstreifen gesäten Arten *Coriandrum sativum* und *Silene vulgaris* der Klasse **Secalietea** zuzuordnen. *Melilotus officinalis* ist nicht nur in **Artemisietea**-, sondern auch in **Secalietea**-Gesellschaften vertreten. Unter den in Acker- und Baumstreifen gleichzeitig vorkommenden Arten können *Cyanus segetum* und *Matricaria chamomilla* der Klasse **Secalietea** zugeordnet werden. Auch *Papaver rhoeas* und *Viola arvensis* finden sich häufig in Segetal-

Beikrautgesellschaften, allerdings wie zuvor erwähnt ebenso in Hackfrucht-Beikrautgesellschaften. Daneben können auch die nur im Acker vorkommenden Arten *Equisetum arvensis* und *Vicia hirsuta* der Klasse *Secalietea* zugeordnet werden.

4.1.2 Gladbacherhof

A. Beschreibung der Beikrautbestände

Das Arteninventar und die Stetigkeit der Pflanzenbestände sowie eine der pflanzensoziologischen Klassifizierung entsprechende farbliche Markierung ist **Tabelle 4.1-5** zu entnehmen.

Baumstreifen

Die **Baumstreifen** wurden durch angesäten Rotklee *Trifolium pratense* mit einer durchschnittlichen Deckung von 70 % dominiert. Daneben traten die angesäten Gräser *Festuca pratensis* s.l. und *Lolium perenne* mit jeweils rund 5 sowie *Phleum pratense* subsp. *pratense* mit einer Deckung von 1 % auf. Als nicht im Baumstreifen angesäte Arten waren *Lolium multiflorum* mit einer durchschnittlichen Deckung von 15, *Medicago lupulina* mit 5 und *Lotus corniculatus* mit weniger als 1 % vertreten. Genannte Arten fanden sich alle mit einer 100-prozentigen Stetigkeit im Baumstreifen wieder. *Melilotus officinalis*, *Poa pratensis* s.str., *Taraxacum officinale* agg. und *Festuca rubra* wurden mit einer Stetigkeit von über 50 % kartiert, allerdings durchweg niedrigen Deckungen von 0,5 % und weniger. Mit geringerer Stetigkeit waren *Capsella bursa-pastoris*, *Bromus sterilis*, *Tanacetum vulgare*, *Clematis vitalba* und *Rumex crispus* im Baumstreifen vertreten. Ein Großteil der genannten Beikräuter kam mit geringerer Deckung auch in den Ackerstreifen und oder der Referenzfläche vor. Lediglich *Phleum pratense* subsp. *pratense*, *Lotus corniculatus*, *Melilotus officinalis*, *Poa pratensis* s. str., *Festuca rubra*, *Tanacetum vulgare* und *Clematis vitalba* wurden ausschließlich im Baumstreifen kartiert. Weitere Einzelfunde sind **Tabelle 4.1-5** zu entnehmen.

Baumstreifen und Ackerflächen

Wie auch in der NMDS erkennbar (vgl. **4.2**), waren in einigen Agroforst-Ackerstreifenrand Aufnahmen westlich des Baumstreifens (Schätzfläche 3), nicht aber am östlichen Ackerstreifenrand, vermehrt Arten vorzufinden, die ansonsten vorwiegend im Baumstreifen kartiert wurden. Hierzu zählten die Arten *Trifolium pratense*, *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*, *Bromus sterilis* und *Festuca pratensis* s.l. Bei anderen Arten des Baumstreifens konnte ein graduell Auswandern in den angrenzenden Ackerstreifen hinein nicht beobachtet werden.

Gleichzeitig waren einige Arten als Ubiquisten sowohl innerhalb der Baumstreifen als auch in den Ackerflächen vorzufinden. Unter diesen wies *Galium aparine* in allen drei Teilbereichen eine prozentuale Stetigkeit von 100 % auf und trat innerhalb der Referenzfläche mit besonders hohen Deckungen von durchschnittlich 4 und maximal 17 % auf. *Stellaria media* subsp. *media*, *Myosotis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Aphanes arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Veronica agrestis*, *Matricaria chamomilla*, *Viola arvensis*, *Sinapis arvensis*, *Veronica hederifolia* s. str., *Chenopodium album*, *Persicaria minor*, *Anagallis arvensis* und *Cirsium arvense* waren innerhalb der Ackerflächen steter als innerhalb der Baumstreifen vertreten. Insbesondere der blühende *P. rhoeas* prägte die Erscheinung der Ackerbegleitflora und kam besonders in Bereichen mit lichterem Getreidebestand und grusiger Bodenoberfläche in höheren Deckungen vor. Dagegen fanden sich *Trifolium repens* und *Sonchus arvensis* in höherer prozentualer Stetigkeit im Baumstreifen. Während gegenüber dem Klee gras konkurrenzschwächere Arten wie *Anagallis arvensis*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*, *Sonchus spec.* oder *Stellaria media* subsp. *media* im dichten Klee grasbestand des Baumstreifens kaum vorkamen, wurden sie rund um die Gehölze auf den offenen Baumscheiben vermehrt vorgefunden.

Tab. 4.1-5 Arten der Begleitflora auf dem Gladbacherhof und Markierung der Arten je nach pflanzensoziologischer Zuordnung in die Klassen **Artemisietea vulgaris**, **Molinio-Arrhenatheretea**, **Chenopodietea** und **Secalietea**

Vorkommen	Art	Absolute Stetigkeit	Prozentuale Stetigkeit		
			Baumstreifen (n=9)	Ackerstreifen (n=54)	Referenz (n=21)
Baumstreifen	<i>Melilotus officinalis</i>	7	78	0	0
	<i>Tanacetum vulgare</i>	3	33	0	0
	<i>Trifolium pratense</i>	21	100	20	5
	<i>Lolium perenne</i>	14	100	9	0
	<i>Festuca pratensis</i> s. l.	10	100	2	0
	<i>Lotus corniculatus</i>	9	100	0	0
	<i>Poa pratensis</i> s. str.	7	78	0	0
	<i>Festuca rubra</i>	5	56	0	0
	<i>Rumex crispus</i>	2	11	2	0
	<i>Medicago lupulina</i>	11	100	4	0
	<i>Lolium multiflorum</i>	11	100	4	0
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	5	33	2	5
	<i>Bromus sterilis</i>	4	33	2	0
	<i>Phleum pratense</i> subsp. <i>pratense</i>	9	100	0	0
	<i>Taraxacum officinale</i> agg.	7	56	0	10
	<i>Clematis vitalba</i>	2	22	0	0
	<i>Lapsana communis</i>	1	11	0	0
	<i>Arctium lappa</i>	1	11	0	0
<i>Dactylis glomerata</i> agg.	1	11	0	0	
<i>Bromus hordeaceus</i>	1	11	0	0	
Ackerstreifen	<i>Vicia sepium</i>	2	0	4	0
	<i>Geranium pusillum</i>	3	0	6	0
	<i>Euphorbia helioscopia</i>	8	0	15	0
	<i>Vicia sativa</i>	2	0	4	0
	<i>Sherardia arvensis</i>	21	0	39	0
	<i>Silene conoidea</i>	2	0	4	0
	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>angustifolia</i>	1	0	2	0
	<i>Vicia lathyroides</i>	1	0	2	0
	<i>Petroselinum crispum</i>	1	0	2	0
Referenz	<i>Equisetum arvense</i>	4	0	0	19
	<i>Cerastium glomeratum</i>	4	0	0	19
	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	21	22	4	81
	<i>Anthemis arvensis</i>	3	0	0	14
	<i>Apera spica-venti</i>	5	0	0	24
	<i>Secale cereale</i>	2	0	0	10
	<i>Vicia tetrasperma</i>	1	0	0	5
	<i>Lactuca serriola</i>	1	0	0	5
	<i>Glechoma hederacea</i>	1	0	0	5
<i>Hordeum vulgare</i>	1	0	0	5	
Ackerstreifen und Referenz	<i>Sonchus asper</i>	16	0	24	14
	<i>Persicaria maculosa</i>	18	0	9	62
	<i>Lamium purpureum</i> var. <i>purpureum</i>	9	0	0	43
	<i>Thlaspi arvense</i>	3	0	2	10
	<i>Euphorbia exigua</i>	31	0	56 (sD)	5
	<i>Polygonum aviculare</i> agg.	5	0	4	14
	<i>Vicia hirsuta</i>	5	0	2	19
	<i>Convolvulus arvensis</i>	18	0	9	62
<i>Vicia faba</i>	8	0	9	14	
Ubiquisten	<i>Galium aparine</i>	84	100	100	100
	<i>Cirsium arvense</i>	22	11	31	19
	<i>Trifolium repens</i>	52	100	46	86
	<i>Stellaria media</i> subsp. <i>media</i>	80	78	96	100
	<i>Veronica agrestis</i>	72	33	89	100 (D)
	<i>Chenopodium album</i>	50	33	57 (sD)	76 (D)
	<i>Anagallis arvensis</i>	35	11	61	5
	<i>Sonchus arvensis</i>	8	22	6	14
	<i>Papaver rhoeas</i>	79	56	100	95
	<i>Sinapis arvensis</i>	60	44	69	90
	<i>Myosotis arvensis</i>	79	67	96	100
	<i>Aphanes arvensis</i>	76	33	96	100 (D)
	<i>Fallopia convolvulus</i>	75	33	94	100 (D)
	<i>Matricaria chamomilla</i>	67	78	80	81
	<i>Viola arvensis</i>	60	44	89	38
<i>Veronica hederifolia</i> s. str.	53	11	61	90	
<i>Persicaria minor</i>	38	11	46	57	

Ackerstreifen und Referenzacker

Die Agroforst-Ackerstreifen und Referenzfläche glichen sich in ihrem Artenspektrum. Einige Arten waren in ihrem Vorkommen allerdings nur in einer der Flächen vorzufinden. Ausschließlich auf den Ackerflächen der Agroforstfläche und weder in den Baumstreifen noch der Referenz kamen die Ackerwildkräuter *Sherardia arvensis*, *Euphorbia helioscopia*, *Geranium pusillum*, *Vicia sativa*, *V. sepium* und *Silene conoidea* vor.

Der Referenzacker unterschied sich von den Agroforst-Ackerstreifen durch ein gehäuftes Vorkommen von *Tripleurospermum inodorum* mit einer prozentualen Frequenz von 80 % sowie das auf die Referenzfläche beschränkte Vorkommen von *Equisetum arvense*, *Anthemis arvensis* und *Secale cereale*.

Neben diesen die Agroforst- und Referenzackerflächen unterscheidenden Arten kamen folgende systemübergreifend auf den Ackerflächen vor: *Euphorbia exigua*, *Convolvulus arvensis*, *Persicaria maculosa*, *Sonchus asper*, *Lamium purpureum* var. *purpureum*, *Vicia faba* als Ausfall aus dem Vorjahr, *Polygonum aviculare* agg., *Vicia hirsuta*, *Apera spica-venti*, *Cerastium glomeratum* und *Thlaspi arvense*.

Weitere Einzelfunde sind in hellgrauer Schrift in **Tabelle 4.1-5** wiederzufinden.

B. Pflanzensoziologische Zuordnung

Die kartierte Begleitflora spiegelt keine vollständigen Pflanzengesellschaften wider, wird im Folgenden aber grob in verschiedene pflanzensoziologische Klassen eingeordnet. Wo möglich werden erkennbare Fragmentgesellschaften angesprochen.

Die ausschließlich im **Baumstreifen** vorkommenden Arten lassen sich vor allem innerhalb der Klassen *Artemisietea vulgaris* (Stickstoff-Krautfluren) und *Molinio-Arrhenatheretea* (Mähwiesen und Weidegesellschaften) wiederfinden. Im **Baumstreifen und** auf den **Ackerflächen** gleichzeitig vorkommende Arten können vor allem den Klassen *Secalietea* (Getreidebeikrautgesellschaften), *Chenopodietea* (Hackbeikraut- und Ruderalgesellschaften) sowie *Molinio-Arrhenatheretea* zugeordnet werden. Bei Betrachtung der alleinig auf den **Ackerflächen** vorkommenden Arten sind die Klassen *Secalietea* und *Chenopodietea* besonders vertreten (OBERDORFER 2001). Da einige Arten sowohl in den Baumstreifen als auch in den Ackerflächen vorkamen und in den Baumstreifen zudem eine Ansaat vorlag, ist keine pflanzensoziologische Trennschärfe zwischen den verschiedenen Teilräumen, das heißt Baumstreifen und Ackerflächen gegeben.

Artemisietea vulgaris

Die im Baumstreifen kartierten Beikräuter *Melilotus officinalis*, *Tanacetum vulgare*, *Dactylis glomerata* agg., *Lapsana communis* und *Arctium lappa* sind in der Unterklasse *Artemisietea vulgaris* wiederzufinden. Hier lassen sich auch die in den Baumstreifen und Ackerflächen kartierten Arten *Cirsium arvense* und *Galium aparine* zuordnen. Gleiches gilt für die Acker-Beikräuter *Equisetum arvense*, *Sonchus asper* und *Vicia sepium*. (OBERDORFER 2001)

Molinio-Arrhenatheretea

Einige der gegenüber den *Artemisietea* Gesellschaften weniger nitrophytischen und besser an Mahd angepassten Baumstreifen-Beikräuter lassen sich der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* zuordnen. Hierzu zählen die angesäten Arten *Trifolium pratense*, *Lolium perenne* und *Festuca pratensis* s.l. neben den nicht angesäten Arten *Poa pratensis* s.str., *Lotus corniculatus*, *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata* agg. und *Bromus hordeaceus*. Zudem lassen sich hier die im Baumstreifen und Acker zugleich vorkommenden Arten *Rumex crispus*, *Trifolium repens* und *Medicago lupulina* wie auch die

ausschließlich innerhalb der Referenzfläche vorkommende Wicke *Vicia tetrasperma* eingliedern. (OBERDORFER 2001)

Chenopodietea

Wie zuvor (vgl. 4.1.1 B) erwähnt gibt es zwischen den Klassen **Chenopodietea** und **Secalietea** starke Überschneidungen in der Zugehörigkeit von Arten. Da Hack- und Halmfrüchte Teil der Fruchtfolge im AFS bzw. REF sind, wurden erwartungsgemäß Hackfrucht- und Halmfruchtbeikräuter in direkter Nachbarschaft kartiert. Zu den Hackfrucht-Beikrautgesellschaften zählen die in Baumstreifen und Ackerflächen vorkommenden Arten *Bromus sterilis*, *Lolium multiflorum*, *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media* subsp. *media*, *Sonchus arvensis*, *Anagallis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Sinapis arvensis*, *Medicago lupulina* und *Veronica agrestis*; sowie ausschließlich innerhalb der Ackerflächen vorkommend *Bromus hordeaceus*, *Cerastium glomeratum*, *Geranium pusillum*, *Lactuca serriola*, *Persicaria maculosa*, *Sonchus asper*, *Euphorbia helioscopia*, *Euphorbia exigua* und *Thlaspi arvense* (OBERDORFER 2001). *Stellaria media* subsp. *media*, *Sonchus asper*, *Sonchus arvensis*, *Anagallis arvensis* und *Lamium purpureum* var. *purpureum* sind Kennarten der Ordnung **Polygono-Chenopodietalia**, welche die sommereinjährigen Knöterich-Gänsefuß- und Hackfrucht-Beikrautgesellschaften des klimatisch gemäßigten Europas zusammenfasst (OBERDORFER 1992:72-74). Mit seinen Charakterarten *Thlaspi arvense* und *Euphorbia helioscopia* sowie der Differentialart *Euphorbia exigua* neben dem Vorkommen weiterer vergesellschafteter Arten (*Anagallis arvensis*, *Sinapis arvensis*, *Veronica agrestis*, *Medicago lupulina* und *Bromus sterilis*) kann für die Agroforst-Ackerstreifen eine Fragmentgesellschaft des Verbandes **Fumario-Euphorbion** (Erdrauch-Wolfsmilch-Gesellschaften) ausgemacht werden (OBERDORFER 1992:96). Die für den Verband des Weiteren charakteristischen Kennarten *Geranium dissectum* und *Fumaria officinalis* wurden jedoch nicht vorgefunden. Da im Referenzacker selbst *Euphorbia helioscopia* fehlte und *Euphorbia exigua* nur mit geringer Stetigkeit kartiert wurde, waren Fragmente von **Fumario-Euphorbion**-Gesellschaften auf der Referenzfläche kaum auszumachen.

Secalietea

Mit starken Überschneidungen zur Klasse **Chenopodietea** können einige Arten auch der Klasse **Secalietea** zugeordnet werden. Als Vertreter der Halmfrucht-Beikrautgesellschaften wurden in den Ackerstreifen *Euphorbia helioscopia*, *Euphorbia exigua*, *Sherardia arvensis*, *Anthemis arvensis*, *Apera spica-venti*, *Cerastium glomeratum*, *Sonchus asper*, *Polygonum aviculare* agg. und die Wicken *Vicia tetrasperma*, *V. hirsuta* und *V. sativa* kartiert. Daneben kamen *Sonchus arvensis*, *Cirsium arvense*, *Anagallis arvensis*, *Galium aparine*, *Fallopia convolvulus*, *Myosotis arvensis*, *Viola arvensis*, *Matricaria chamomilla*, *Sinapis arvensis*, *Papaver rhoeas* und *Aphanes arvensis* vor allem im Ackerstreifen, aber auch im Baumstreifen vor. Somit können Fragmente des Verbandes der Windhalm-Äcker **Aperion spica-venti** und untergeordneter Kamillen-Gesellschaft **Alchemillo-Matricarietum chamomillae** festgestellt werden (OBERDORFER 1992:34). Die Kamillen-Gesellschaften stellen in Mitteleuropa auf kalkarmen, lehmigen Böden die verbreitetsten Getreide-Beikrautgesellschaften dar. Für sie kennzeichnend ist die Assoziationscharakterart *Matricaria chamomilla*, sowie der mit dieser häufig vergesellschaftete Gewöhnliche Ackerfrauenmantel *Aphanes arvensis*. Daneben hat *Vicia tetrasperma* einen schwach ausgeprägten Schwerpunkt innerhalb der Kamillen-Gesellschaft und gilt für diese als holde Kennart (OBERDORFER 1992:35). Von den anfänglich in diesem Absatz aufgezählten Halmfruchtbeikräutern kamen *Apera spica-venti*, *Anthemis arvensis* und *Cerastium glomeratum* ausschließlich im REF vor, während *Sherardia arvensis* nur im AFS kartiert wurde. So wurden in Agroforst- und Referenzfläche unterschiedliche für Kamillen-Gesellschaften typische Begleiter vorgefunden. Bei einem gehäuften Vorkommen von *Tripleurospermum inodorum* wie im Referenzacker kann auch von einer *Matricaria inodora*-Rasse des **Alchemillo-Matricarietum** gesprochen werden (OBERDORFER 1992:35).

4.2 Nicht-metrische Multidimensionale Skalierung

Fragestellung I

Wie unterscheidet sich das **Arteninventar** der **Begleitflora** zwischen Baumstreifen und Ackerstreifen im Agroforstsystem und zur Referenzackerfläche?

In **Abb. 4.2-8** sind die Ergebnisse der NMDS für den Hof Garvsmühlen (**a**) und Gladbacherhof (**b**) abgebildet. Die im zweiskaligen Raum des Ordinationsplots dargestellten Punkte stehen jeweils für eine Schätzfläche. Über die verschiedenen Farben lässt sich die Verortung innerhalb der Agroforst- oder Referenzfläche nachvollziehen: Agroforst-Ackerstreifenmitte (rosa), Agroforst-Ackerstreifenviertel (rot), Agroforst-Ackerstreifenrand (gelb), Agroforst-Baumstreifen (grün) oder Referenzackerfläche (königsblau). Nahe beieinander liegende Punkte stehen für Schätzflächen, die eine ähnliche Artenkomposition (Arteninventar und Deckung) aufwiesen. Weit voneinander entfernte Punkte visualisieren eine hohe Unähnlichkeit. Während des iterativen Verfahrens wurde die Positionierung der Punkte unter Minimierung einer Stress-Funktion (skaliert zwischen 0 und 1) optimiert. Die Stress-Funktion ist Ausdruck für die Abweichung der innerhalb der NMDS im zweiskaligen Raum nicht exakt darstellbaren Distanzmaße von den „exakten“ Werten der Distanzmatrix (BORCARD et al. 2018:193). Der Stress-Wert lag für den HGM (**Abb. 4.2-8 a**) etwas höher als für den GBH (**Abb. 4.2-8 b**). Die Verarbeitung beider Datensätze in einem Schritt zeigte einen Stress-Wert, der zwischen jenen der einzelnen Höfe lag. Im Laufe des iterativen Verfahrens wird die Ausrichtung der Punkte entlang der ersten Achse (NMDS1) entsprechend ihrer maximalen Varianz optimiert (BORCARD et al. 2018:197). Somit erstreckt sich die größte Variation zwischen den Schätzflächen entlang der ersten Achse (NMDS1) im NMDS Biplot.

Wie die Sortierung der Vegetationsdaten des **Hof Garvsmühlens** in Juice vermuten ließ, ergaben sich auch aus der graphischen Darstellung der NMDS keine deutlichen Gradienten innerhalb der Ackerstreifen vom Ackerstreifenrand zur Ackerstreifenmitte (**Abb. 4.2-8 a**). Auch zur Referenzfläche waren die Agroforst-Ackeraufnahmen nicht abgrenzbar, stattdessen bildeten rosa, rote, orange und blaue Punkte eine Punktwolke. Hieraus ließ sich ableiten, dass innerhalb der Agroforst-Ackerstreifen keine erkennbaren Gradienten entlang der Transekte festzustellen waren. Agroforst-Ackerstreifen und Referenzfläche hoben sich in ihrer floristischen Komposition nicht voneinander ab. Hingegen zeigte sich ein deutlicher Kontrast zwischen Ackerflächen und Baumstreifen-Schätzflächen. Letzte bildete eine klar abgegrenzte Gruppe.

Für die Erhebungen auf dem **Gladbacherhof** zeigte sich ein ähnliches Bild (**Abb. 4.2-8 b**). Zusätzlich hob sich die Referenzfläche hier etwas deutlicher von den Ackerstreifen-Aufnahmen im AFS ab, was auf Unterschiede in Arteninventar und Deckungsverhältnissen hinwies. Gleichzeitig ließen sich aber auch hier lediglich die Baumstreifen-Schätzflächen von der Gesamtheit der Acker-Aufnahmen eindeutig separieren. Die Aufnahmen im Baumstreifen ließen sich nicht entsprechend der unterschiedlichen Baumstreifentypen (Apfel, Kombi, Pappel) gruppieren (**Abb. 4.2-8 d**). Die etwas abseits der bunten Punktwolke in Richtung grüner Baumstreifen-Gruppe gelegenen gelben Ackerstreifenrand-Aufnahmen enthielten vermehrt Arten, die ansonsten vorwiegend oder ausschließlich im Baumstreifen kartiert wurden. Hierauf wird innerhalb der Diskussion noch genauer eingegangen (vgl. **5.6**).

In einer NMDS, durchgeführt mit den zu einem Datensatz zusammengeführten Daten beider Höfe zugleich, erschienen diese als klar voneinander abgrenzbare Punktwolken (**Abb. 4.2-8 c**). Gleichzeitig bildeten für beide Höfe jeweils die Baumstreifen-Aufnahmen eine separate Gruppe. Es konnten also zwei die Varianz der Daten erklärende Faktoren ausgemacht werden. Vor allem entschied der Hofstandort über die Ausprägung der Vegetation (NMDS1). Daneben war die Lage der Aufnahmen innerhalb der Baumstreifen oder Ackerflächen ein erklärender Faktor (NMDS2).

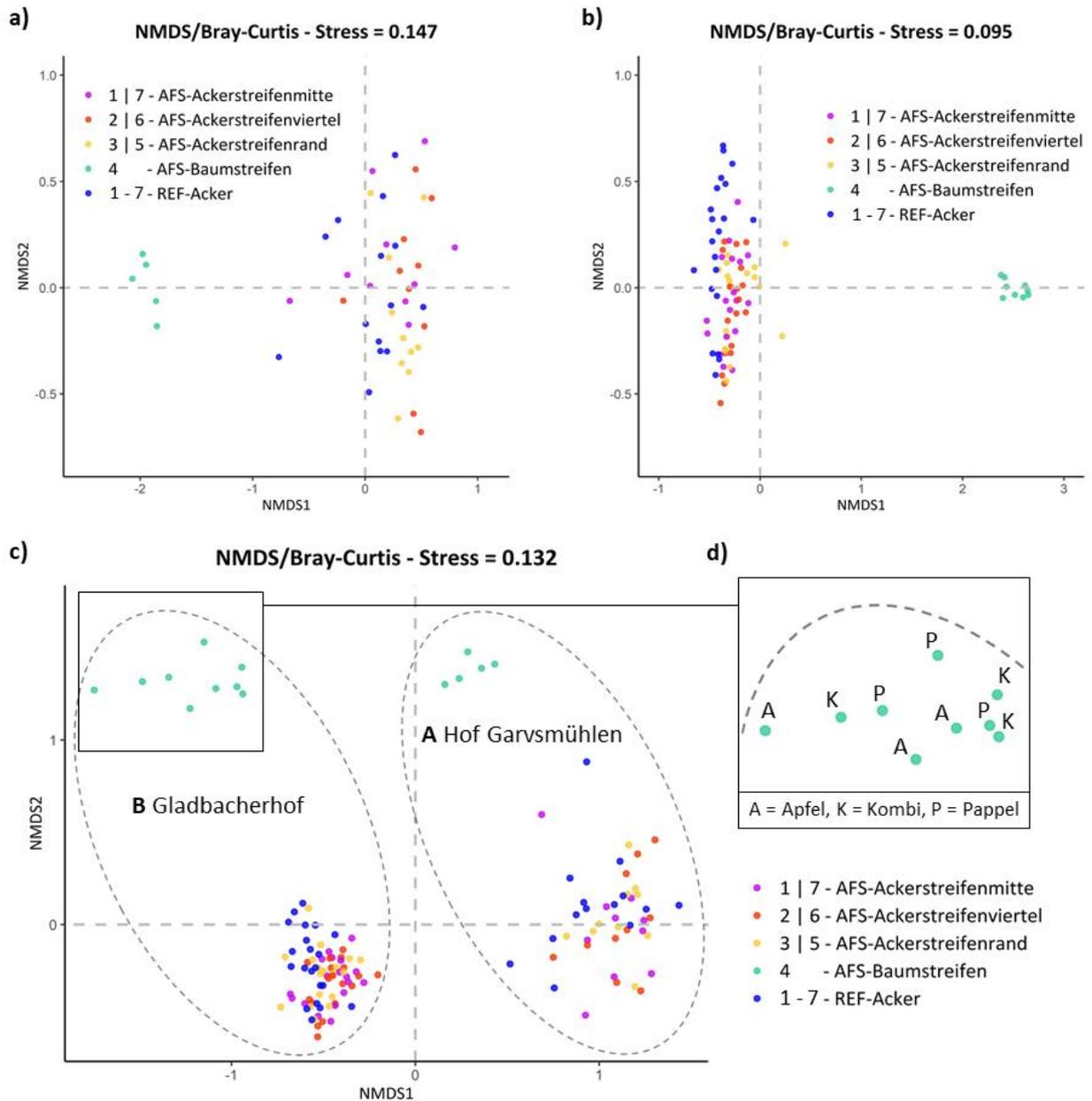


Abb. 4.2-8 NMDS-Ordinationsplot der Bray-Curtis Distanzmatrix für die Vegetationsaufnahmen koloriert nach Lage im Transekt: **a)** Hof Garvsmühlen, **b)** Gladbacherhof, **c)** Hof Garvsmühlen und Gladbacherhof verarbeitet innerhalb einer NMDS und **d)** Ausschnitt der Vegetationsaufnahmen im Baumstreifen des Gladbacherhofs nach Baumstreifentyp

Auf weitergehende Analysen und einen Vergleich von Pflanzeigenschaften entlang der fünf Gruppen wurde in Juice verzichtet. Stattdessen wurden wie zuvor beschrieben verschiedene funktionelle Eigenschaften der Begleitflora im Baumstreifen mit jener in den Ackerflächen verglichen (vgl. **3.3.3 / 4.3**).

4.3 Funktionelle Pflanzenmerkmale

Fragestellung II

Wie unterscheiden sich die **funktionellen Pflanzenmerkmale** der **Begleitflora** zwischen Baumstreifen und Ackerstreifen im Agroforstsystem und zur Referenzackerfläche?

4.3.1 Lebensform nach Raunkiær

Nach WARMING (1896) ist unter der Lebensform einer Pflanze ihr Habitus (Wuchsform und Erscheinung), der sie an bestimmte Lebensbedingungen anpasst, zu verstehen (FREY & LÖSCH 2014:359). Heute wird für eine Analyse der Lebensformen meist das System nach RAUNKIÆR (1904,1911) angewandt. „In diesem System richtet sich die Gliederung nach der Lage und dem Schutz der Erneuerungsknospen bzw. der Überdauerungsorgane während der durch Kälte und/oder Trockenheit bedingten Vegetationsruhe sowie nach der Lebensdauer der Sprossachse“ (FREY & LÖSCH 2014:359). Die Betrachtung der Lebensformen ermöglicht ein besseres Verständnis der standörtlich variierenden Reproduktions- und Überwinterungsstrategien. Die Untersuchung der Begleitflora-Lebensformen in AFS und REF erfolgte nicht artspezifisch, sondern auf Makroebene. Die Lebensformtypen wurden ELLENBERG et al. (2001) entnommen. ELLENBERG et al. (2001) unterschied zusätzlich zu den fünf Hauptgruppen nach RAUNKIÆR (1911) auch Mischtypen aus jeweils zwei verschiedenen Hauptgruppen. In **Tabelle 4.3-6** sind die den kartierten Arten zugeordneten Lebensformtypen gelistet und entsprechend ihrer Wuchsform und Erneuerungsknospen charakterisiert.

Tab. 4.3-6 Lebensformen nach Raunkiær aus ELLENBERG et al. (2001) und FREY & LÖSCH (2014:359)

Abk.	Lebensform	Wuchsform	Art und Höhe der Erneuerungsknospen
P	Phanerophyt (Luftpflanze)	Baum, der mehr als 5 m hoch werden kann	> 25-50 cm
Pli	Phanerophytische Liane	Verholzte Liane ohne periodische Sprossreduktion	
C	Chamaephyt (Zwergpflanze)	holzige oder krautig grün, 25 – 50 cm oder höher	25 - 50 cm
H	Hemikryptophyt (Oberflächenpflanze)	ausdauernde Pflanze mit periodischer Reduktion der Sprosse	nahe der Erdoberfläche
Hli	Hemikryptophytische Liane	oberirdische Pflanzenteile periodisch bis in Bodennähe absterbend	
T	Therophyt	kurzlebig bis einjährig	Samen
Tli	Therophytische Liane	einjährige Liane	
G	Geophyt (Erdpflanze) als Untergruppe der Kryptophyten	ausdauernde Pflanzen mit periodischer Reduktion aller oberirdischen Organe	unter der Erdoberfläche (meist Speicherorgane)

In **Abbildung 4.3-9** sind die mittleren Anteile der Lebensformen anhand der Präsenz-Absenz-Daten (**a**) sowie entsprechend ihrer mittleren Deckungen (**b**) dargestellt. Die Aufnahmen wurden dabei entsprechend ihrer Lage in den Agroforst-Baumstreifen (BS), Agroforst-Ackerstreifen (AS) und im Referenzacker (REF) gegliedert. Im Baumstreifen wurde bei der Betrachtung zusätzlich in Ansaat und Begleitflora unterschieden.

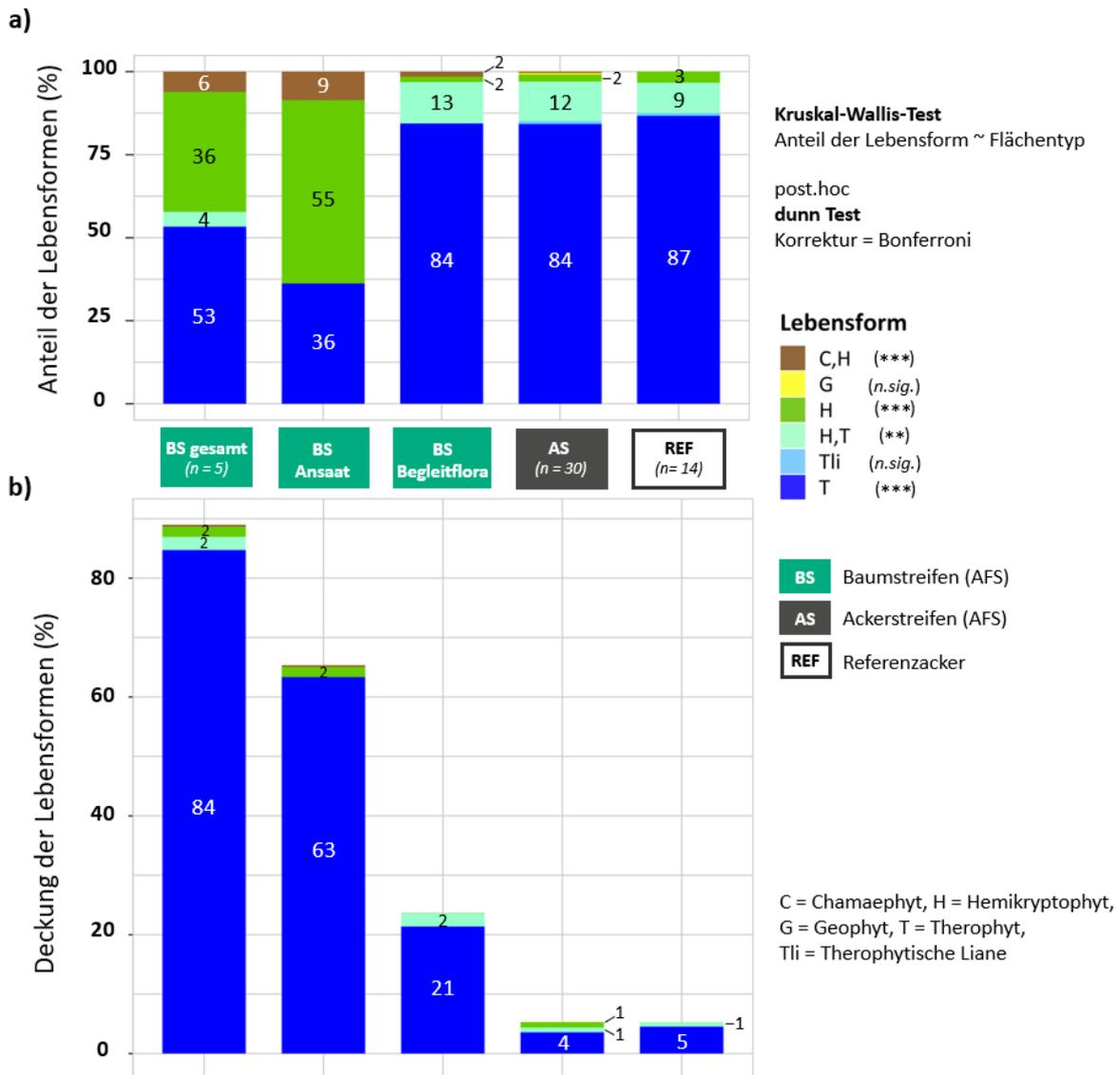


Abb. 4.3-9 Lebensform nach Raunkiær auf dem Hof Garvsmühlen: **a)** Berechnung der Anteile anhand der Präsenz-Absenz der kartierten Arten, **b)** Berechnung der Anteile anhand der Deckung der kartierten Arten (Die Summe der Prozentwerte ergibt im Einzelfall keine 100 %, da es sich um Rundungen handelt)

Im qualitativen Ansatz (**Abb. 4.3-9 a**) fällt auf, dass sich die Verteilung der Lebensformen im Baumstreifen, Ackerstreifen und der Referenz stark ähnelt. Hier dominierten die **Therophyten (T)** mit 84 % im Baumstreifen und Ackerstreifen und 87 % innerhalb der Referenz. Daneben nahm der Mischtyp aus **Hemikryptophyt und Therophyt (H,T)** innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora 13 %, im Ackerstreifen 12 % und innerhalb der Referenz 9 % ein. **Hemikryptophyten (H)** hatten innerhalb der Referenz 3 % sowie innerhalb der Begleitflora der Agroforst-Acker- und Baumstreifen einen Anteil von 2 %. Im AFS wurden insbesondere innerhalb des Baumstreifens auch Übergangsformen zwischen

Chamaephyten und Hemikryptophyten (C,H) kartiert. Innerhalb der Begleitflora nahmen diese im Baumstreifen 2 und innerhalb der Ansaaten 9 % ein. Die Baumstreifen-Ansaat wurde mit einem mittleren Anteil von 55 % durch **Hemikryptophyten (H)** dominiert. Der **H**-Anteil an den Präsenzdaten lag innerhalb der Baumstreifen-Ansaat damit signifikant höher als in allen anderen untersuchten Teilbereichen (dT, p-Wert < 0,001). Zusammenfassend unterschieden sich die innerhalb der Baumstreifen vorgefundenen Lebensformen der nicht angesäten Arten kaum von jenen der Ackerflächen. Unterschiede in den Lebensformen waren überwiegend durch die Ansaaten bestimmt.

Im quantitativen Ansatz (**Abb. 4.3-9 b**) sind deutliche Unterschiede in der Begleitflora-Deckung der betrachteten Flächen ersichtlich. Die akkumulierte Begleitflora-Deckung fällt im Baumstreifen mit 23 deutlich höher als in den Ackerflächen mit 6 % aus. Sowohl in den Ackerflächen als auch im Baumstreifen nahmen die **Therophyten (T)** die größten Deckungswerte ein. Während im Ackerstreifen 4 % der Deckung **T** und jeweils 1 % **H** und **H,T** ausmachten, fallen die Unterschiede der verschiedenen Lebensformen, den gesamten Baumstreifen betrachtend, deutlich größer aus. Hier wurden 84 % der Deckung durch **T** und jeweils 2 % durch **H** und **H,T** gebildet.

Auf dem GBH konnte gegenüber dem HGM eine größere Vielfalt an Lebensformen kartiert werden. Diese sind in **Abbildung 4.3-10** qualitativ (**a**) und quantitativ (**b**) für die einzelnen Schätzflächen dargestellt.

Während sich die Ackerflächen (Ackerstreifen und Referenzacker) in der Verteilung der Lebensformen qualitativ (**Abb. 4.3-10 a**) ähnelten, unterschieden sich die Anteile der Lebensformen im Baumstreifen teilweise deutlich. Für die Gesamtheit der Baumstreifen- und Ackerflächen-Begleitflora konnte festgestellt werden, dass **Therophyten (T)** mit 33 % im Baumstreifen, 70 % in den Ackerstreifen und 60% innerhalb der Referenz jeweils am stärksten vertreten waren. **Therophytische Lianen (Tli)** (z.B. *Vicia hirsuta*) waren mit einem Anteil von 13 % innerhalb der Ackerflächen stärker vertreten als innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora, wo sie 9 % einnahmen (dT, p-Wert < 0,05). Arten im Übergangsbereich zwischen **Hemikryptophyten und Therophyten (H,T)** nahmen innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora mit 20 % gegenüber dem Agroforst-Ackerstreifen mit 8 % einen signifikant höheren Anteil ein (dT, p-Wert < 0,05). Innerhalb des Referenzackers lag der Anteil von **H,T** mit 13 % ebenfalls niedriger als im Baumstreifen, jedoch nicht signifikant (p-Wert = 0,784). Insbesondere **Hemikryptophyten (H)** waren innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora mit 23 % deutlich stärker als innerhalb der Ackerflächen vertreten (dT, p-Wert < 0,05). In letzteren nahmen sie innerhalb des AFS 2 und innerhalb der REF 1 % ein. Der Anteil zwischen **Geophyten (G)** unterschied sich mit 1 bis 2 % innerhalb der Ackerflächen und Baumstreifen nicht signifikant (KWT, p-Wert = 0,131). Die Mischtypen aus **Chamaephyten und Hemikryptophyten (C,H)** sowie **Geophyten und Hemikryptophyten (G,H)** waren im Baumstreifen mit jeweils 7 % präsenter als innerhalb der Ackerflächen. Während der Unterschied für **C,H** mit 3 % im Ackerstreifen und 5 % innerhalb der Referenz gering ausfiel, waren **G,H** betrachtend die Unterschiede mit 1 % in den Ackerflächen und 7 in den Baumstreifen signifikant (dT, p-Wert < 0,05). Als Lebensformen, die ausschließlich innerhalb der Ackerflächen oder Baumstreifen vorkamen, konnten für den Baumstreifen mit einem geringen Anteil von 1 % **Phanerophytische Lianen (Pli)** (*Clematis vitalba*) und für die Ackerflächen **Hemikryptophytische Lianen (Hli)** (z.B. *Vicia sepium*) mit ebenfalls niedrigen Anteilen von weniger als 1 % ausgemacht werden. Die Klee gras-Ansaat im Baumstreifen setzte sich zu 100 % aus **Hemikryptophyten (H)** zusammen. Somit unterschieden sich die Lebensformen im Baumstreifen in der Gesamtheit der kartierten Vegetation (**Abb. 4.3-10 a**, 1. Balken) von der Begleitflora (Ansaaten exkludiert, 3. Balken) ausschließlich durch eine Verschiebung der Gewichtung hin zu größeren Anteilen an **Hemikryptophyten (H)**.

In **Abbildung 4.3-10 b** werden die Lebensformen entsprechend ihrer mittleren Deckungen dargestellt. Hierbei überragt der Deckungsprozentwert des gesamten Baumstreifens 100 %, da es sich um die

akkumulierten Deckungsschätzungen der einzelnen Arten handelt und nicht um die geschätzte Gesamtdeckung. Es fiel zunächst ein deutlicher Unterschied in den akkumulierten Begleitflora-Deckungen zwischen den Baumstreifen mit insgesamt 28 % und Ackerflächen mit 5 % innerhalb des AFS und 8 % innerhalb des REF auf. Während innerhalb der Referenz in der Deckung **Tli** und **T** gleichstark vertreten waren, wurde der Großteil der Deckung in den Agroforst-Ackerstreifen durch **T** gebildet. Innerhalb der Begleitflora der Baumstreifen überwog mit 20 % hingegen **H,T**. Zudem nahmen **H** hier 1 und **C,H** 5 % ein. Geophytische Lebensformen machten in allen Teilbereichen an der mittleren Deckung der Schätzflächen gemessen einen sehr geringen Anteil aus. Insgesamt unterschieden sich die Baumstreifen von den Ackerflächen durch eine deutlich höhere Deckung an **H,T** in der Begleitflora und eine durch die Ansaat bedingte hohe Deckung von 81 % **H**.

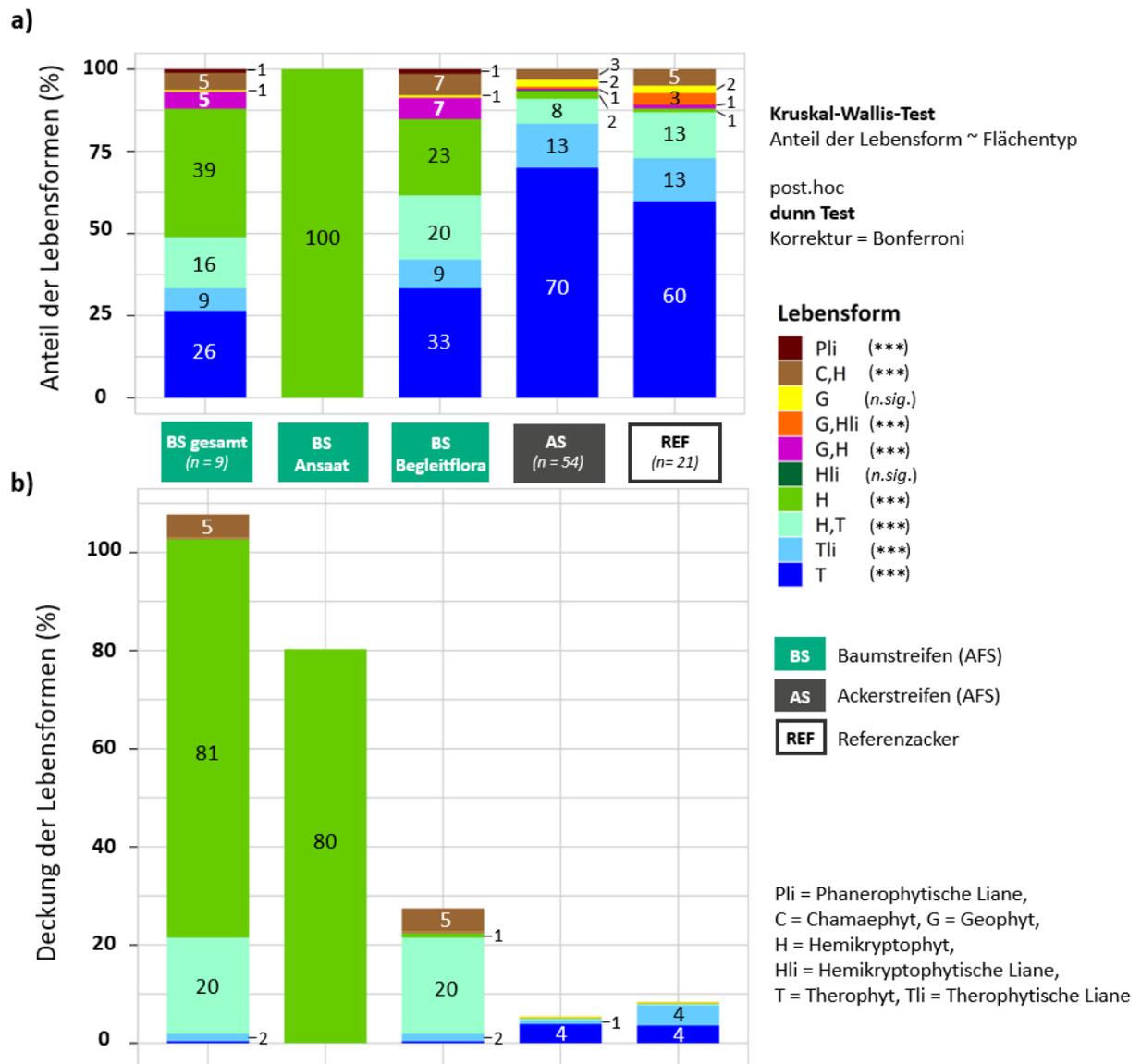


Abb. 4.3-10 Lebensform nach Raunkiær auf dem Gladbacherhof: **a)** Berechnung der Anteile entsprechend der Präsenz-Absenz der kartierten Arten, **b)** Deckung der kartierten Arten nach Lebensformen (Die Summe der Prozentwerte ergibt im Einzelfall keine 100 %, da es sich um Rundungen handelt)

4.3.2 Strategietyp nach Grime

Die Einteilung der Pflanzenarten entsprechend ihrer Strategietypen nach GRIME (1979) entspricht „*einem Dreiecksmodell ökologischer Primärstrategien*“ (DIERSCHKE 1994). Nach diesem sogenannten CRS-Modell haben im Laufe der Evolution vor allem Stress und Störungen die Selektion der Arten bedingt (FREY & LÖSCH 2014:336). Es werden 3 verschiedene Primärstrategietypen unterschieden: **Konkurrenz-Strategen (C)**, **Ruderal-Strategen (R)** und **Stresstoleranz-Strategen (S)**. Konkurrenz-Strategen zeichnen sich durch ihre Konkurrenzkraft aus (Licht-Konkurrenz). Ruderal-Strategen sind an Standorte angepasst, die häufig von Störungen betroffen sind. Stress-Strategen sind an „extreme“ Standortbedingungen angepasst und hier erfolgreich, da diese für die meisten Arten schwer zu bewältigen sind (WILMANN 1998:21, JÄGER 2004). Neben diesen Primärstrategien werden Arten, die sich zwischen verschiedenen Primärstrategien befinden, entsprechenden Sekundärstrategien (z.B. C-S-Strategietyp) oder dem intermediären C-R-S-Strategietyp zugeordnet (FREY & LÖSCH 2014:336).

In **Abbildung 4.3-11** sind die nach Deckung **gewichteten mittleren Strategietypen** der Baumstreifen-, Ackerstreifen- und Referenz-Aufnahmen für den **Hof Garvsmühlen** abgebildet. Eine Vegetationsaufnahme wird hierbei durch einen Kreis repräsentiert. Zwischen den mittleren Strategietypen der Vegetation in den Ackerflächen und Baumstreifen gab es starke Überschneidungen (**Abb. 4.3-11 a**), weswegen die Strategietypen für die unterschiedlichen Bereiche zusätzlich einzeln in **Abb. 4.3-11 b** bis **e** abgebildet sind. Im Baumstreifen dominierten in der Blühstreifen-Ansaat (**b**) sowie innerhalb der Begleitflora (**c**) C-R-Strategen. Während sich für die Referenzfläche ein gleiches Bild zeigte (**e**), war die Verteilung der Aufnahmen zwischen Konkurrenz- und Ruderal-Strategen in den Agroforst-Ackerstreifen breiter gestreut (**d**). Ein Teil der Aufnahmen lag bei annähernd 100 % C-Strategietyp. Ein anderer zwischen 20-30 % C-Strategietyp und 80 % Ruderalstrategie. Der Großteil der Aufnahmen ließ sich jedoch auch im Ackerstreifen bei etwa 50-50 C-R einordnen. Stress-Strategen spielten in keiner der verglichenen Bereiche eine tragende Rolle. Die gewichteten C-, R- und S-Strategietypen unterschieden sich beim Vergleich der Vegetationsaufnahmen in Baumstreifen und Ackerflächen signifikant (KWT, p-Wert < 0,001).

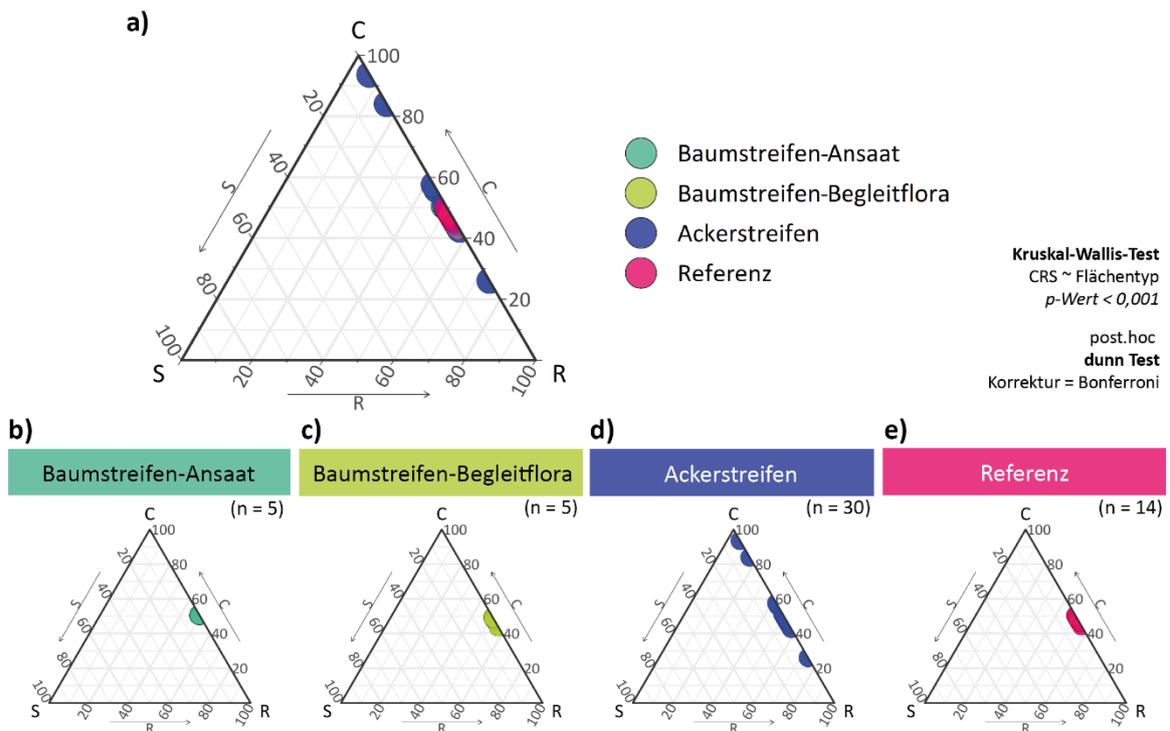


Abb. 4.3-11 Gewichtete mittlere Strategietypen nach Grime auf dem Hof Garvsmühlen **a)** aller Aufnahmen **b)** der Baumstreifen-Ansaat (Blühstreifen), **c)** Baumstreifen-Begleitflora **d)** Ackerstreifen und **e)** Referenz

Abbildung 4.3-12 zeigt die anhand der Deckungsschätzungen **gewichteten mittleren Strategietypen** für die Aufnahmen auf dem **Gladbacherhof**. Die Strategietypen unterschieden sich hier deutlich zwischen den Aufnahmen im Baumstreifen, Ackerstreifen und innerhalb der Referenz (KWT, p -Wert < 0,001) (**Abb. 4.3-12 b bis e**). Während sich die Klee gras-Ansaat aus reinen Konkurrenz-Strategen zusammensetzte (**b**), waren innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora CRS-Mittelwerte im Bereich 60-80 % **C**, 10-30 % **R** und 5-20 % **S**-Strategie vertreten. In der Deckungs-Gewichtung überwog demnach auch hier die Konkurrenzkraft als Strategie (**Abb. 4.3-12 c**). Innerhalb der Ackerflächen in AFS und REF dominierten C- und R-Strategen mit Tendenz Richtung Ruderalstrategie die gewichteten Mittelwerte, während Stress-Strategen keine ins Gewicht fallende Rolle spielten (**d,e**).

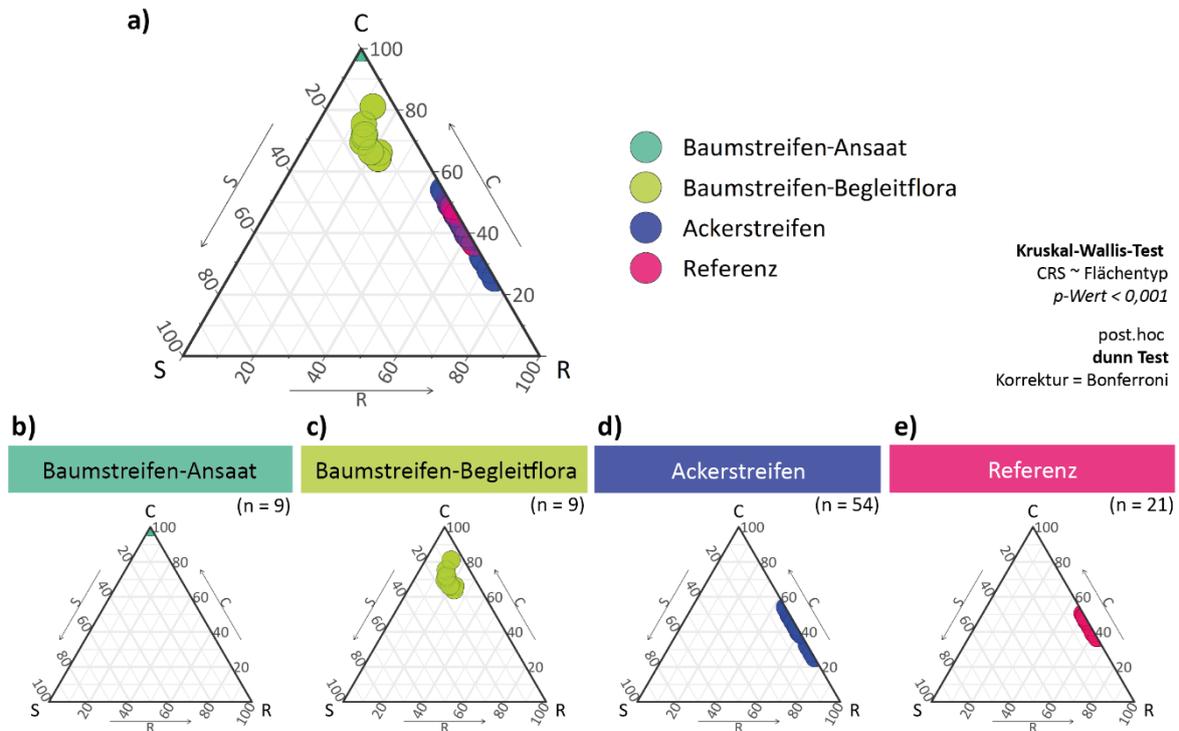


Abb. 4.3-12 Gewichtete mittlere Strategietypen nach Grime auf dem Gladbacherhof **a)** aller Aufnahmen **b)** der Baumstreifen-Ansaat (Klee gras), **c)** Baumstreifen-Begleitflora **d)** Ackerstreifen und **e)** Referenz

4.3.3 Zeigerwerte nach Ellenberg

Eine Auswertung der Ellenberg-Zeigerwerte ermöglichte Rückschlüsse bezüglich funktioneller Pflanzeigenschaften entlang der Transekte und dem erwarteten Gradienten vom Baumstreifen in die Ackerflächen hinein. Es werden vorrangig die im Allgemeinen gebräuchlicheren **ungewichteten** Ellenberg-Zeigerwerte vorgestellt. Ergebnisse der **gewichteten** Ellenberg-Zahlen werden im Text nur vorgestellt, wenn diese zusätzliche Informationen lieferten. Eine Zusammenfassung signifikanter Unterschiede zwischen Ellenberg-Zeigerwerten in Baumstreifen und Ackerflächen kann **Tab. 4.3-7** entnommen werden. Eine vollständige Gegenüberstellung zwischen gewichteten und ungewichteten Zeigerwerten ist **Abb. 8.-28 bis-31** im Anhang zu entnehmen. Die Beschreibung der Ergebnisse erfolgt entsprechend **Fragestellung II** mit einem Fokus auf den signifikanten Unterschieden zwischen Baumstreifen und Ackerflächen.

Tab. 4.3-7 Signifikanzlevel ($* \leq 0,05$, *n.sig.* = nicht signifikant) und Tendenz der Unterschiede zwischen Ellenberg-Zeigerwerten in den Baumstreifen (BS, Ansaaten inkludiert) und Ackerflächen (\uparrow = Werte im BS höher/ \downarrow = Werte im BS niedriger) (L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, R = Reaktionszahl, F = Feuchtezahl, N = Nährstoffzahl), angewandte Testverfahren: KWT u. post-hoc dunn-Test, im Einzelfall ANOVA, vgl. Randbemerkungen **Abb. 4.3-13-16** u. **8.-28-31**

Hof	Ellenbergzahl	L	T	K	R	F	N
Hof Garvsmühlen	ungewichtet	<i>n. sig.</i>	* \uparrow	<i>n. sig.</i>	<i>n. sig.</i>	* \downarrow	* \downarrow
	gewichtet	* \downarrow	* \uparrow	* \downarrow	<i>n. sig.</i>	* \downarrow	<i>n. sig.</i>
Glabbacherhof	ungewichtet	* \uparrow	<i>n. sig.</i>	* \uparrow	<i>n. sig.</i>	* \downarrow	<i>n. sig.</i>
	gewichtet	* \uparrow	* \uparrow	* \downarrow	* \uparrow	* \downarrow	* \uparrow

Die **Ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerte** der Aufnahmen auf dem **Hof Garvsmühlen** sind in **Abbildung 4.3-13** dargestellt.

In AFS und REF waren im Mittel Halblichtpflanzen vertreten. Zwischen den **ungewichteten Lichtzahlen** in Baumstreifen und Ackerflächen bestand kein signifikanter Unterschied (**Abb. 4.3-13**).

Die **ungewichtete Temperaturzahl** unterschied sich innerhalb des AFS signifikant zwischen dem Baumstreifen mit Median von 6,6 und Schätzfläche drei mit 5,6 (dT, p-Wert = 0,009) bzw. Schätzfläche sechs 5,5 (dT, p-Wert = 0,013). Damit fanden sich im Baumstreifen tendenziell Wärmezeiger, während innerhalb der Ackerflächen Mäßigwärmezeiger dominierten. Die mittlere Ellenberg-Temperaturzahl ohne Ansaaten (gestrichelter Boxplot) unterschied sich im Baumstreifen mit einem Wert von 5,8 nicht signifikant von den Ackerflächen.

Die **ungewichtete Feuchtezahl** zeigte nur eine geringfügige Variabilität zwischen den verglichenen Schätzflächen. Ein signifikanter Unterschied bestand zwischen der Baumstreifen-Schätzfläche im AFS mit einem Median von 4,6 und Schätzfläche fünf des REF mit einem Median von 5,4 (dT, p-Wert = 0,018). Tendenzuell waren in der Vegetation der Baumstreifen trockenheitsangepasste Arten vorzufinden als innerhalb der Ackerflächen. Wurden die Baumstreifen-Ansaaten vom Vergleich ausgeschlossen, unterschieden sich die mittleren Feuchtezahlen von Baumstreifen und Ackerflächen nicht signifikant (Median Baumstreifen ohne Ansaat = 5,0).

Die **ungewichtete Nährstoffzahl** unterschied sich signifikant zwischen Baumstreifen inklusive Ansaat mit einem Median von 5,7 und Ackerstreifenrand (Schätzfläche fünf) mit einem Median von 6,4 (dT, p-Wert = 0,032). Damit stellten die kartierten Klee gras-Baumstreifen geringere Nährstoffansprüche als die Begleitflora innerhalb des Ackers. Während die Vegetation im Baumstreifen auf mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreiche Standortbedingungen hinwies, zeigte die Vegetation innerhalb der Ackerstreifen stickstoffreichere Bedingungen an. Werden die angesäten Arten vom Vergleich ausgeschlossen, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Baumstreifen- und Ackerflora (Median Baumstreifen ohne Ansaat = 6,5).

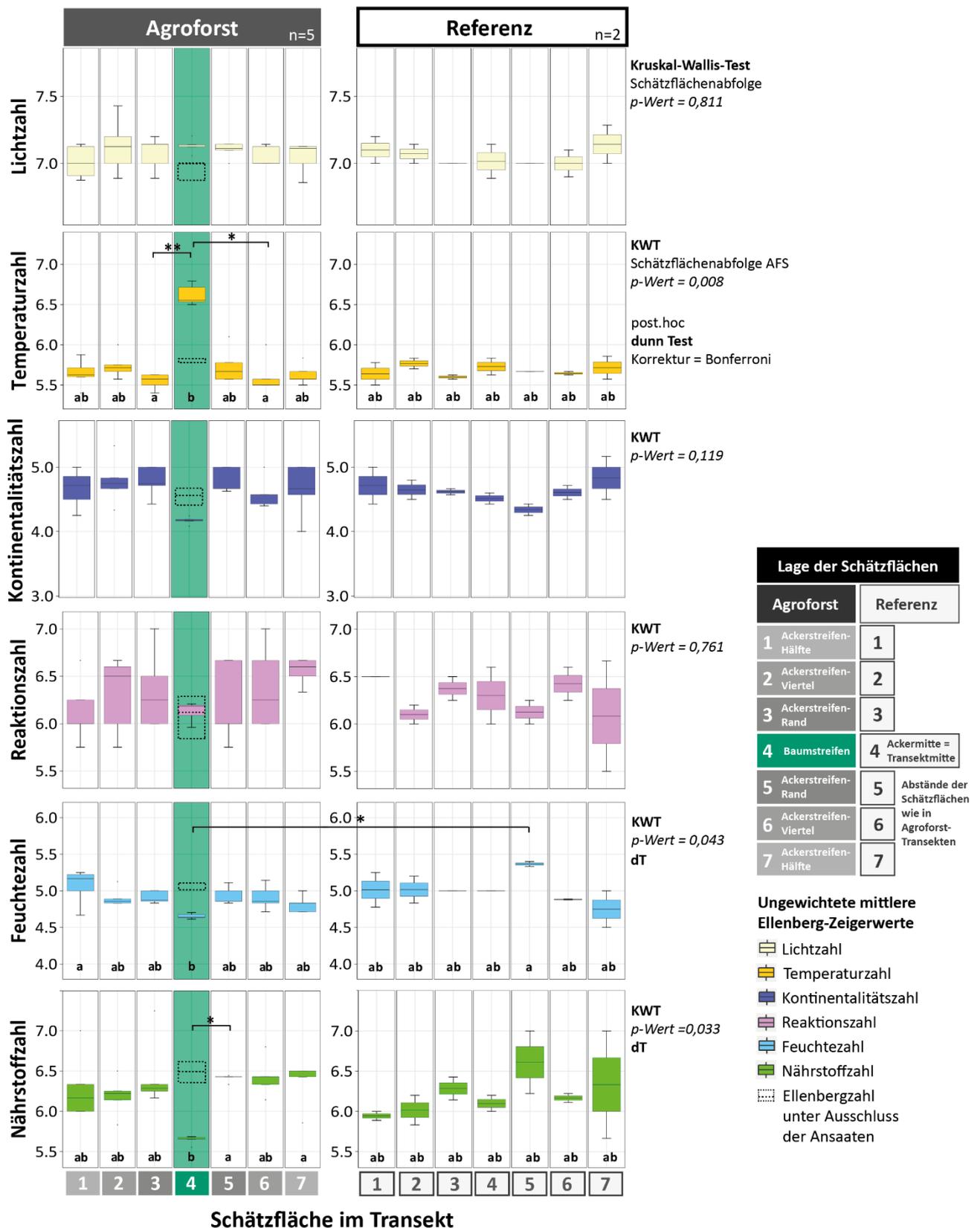


Abb. 4.3-13 Ungewichtete mittlere Ellenberg-Zeigerwerte: Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl der Vegetationserhebungen in Agroforst- (links) und Referenzfläche (rechts) auf dem Hof Garvsmühlen (Baumstreifen: gefüllte Boxplots = Ansaaten inkludiert, gestrichelte Boxplots = Ansaaten exkludiert)

Während zwischen den ungewichteten Lichtzahlen keine signifikanten Unterschiede bestanden, zeigte sich im Vergleich der **gewichteten Lichtzahlen** ein signifikanter Unterschied zwischen der Baumstreifenflora (Median = 6,9) und Schätzfläche drei im Ackerstreifen (Median = 8,3) (dT, p-Wert = 0,025) (**Abb. 4.3-14**). Den gewichteten Lichtwerten ist abzuleiten, dass im Baumstreifen durchschnittlich Halblichtpflanzen und im Ackerstreifen Licht- bis Volllichtpflanzen vorzufinden waren.

Ein signifikanter Unterschied lag daneben in der **gewichteten Kontinentalitätszahl** zwischen Baumstreifen mit einem Median von 4,4 und Schätzfläche zwei im Ackerstreifen (dT, p-Wert = 0,045) mit einem durchschnittlichen Median von 5,1 vor. Die Arten im Ackerstreifen zeigten damit ein intermediäres Klima an, während die Arten im Baumstreifen eher in Richtung subozeanisch tendierten.

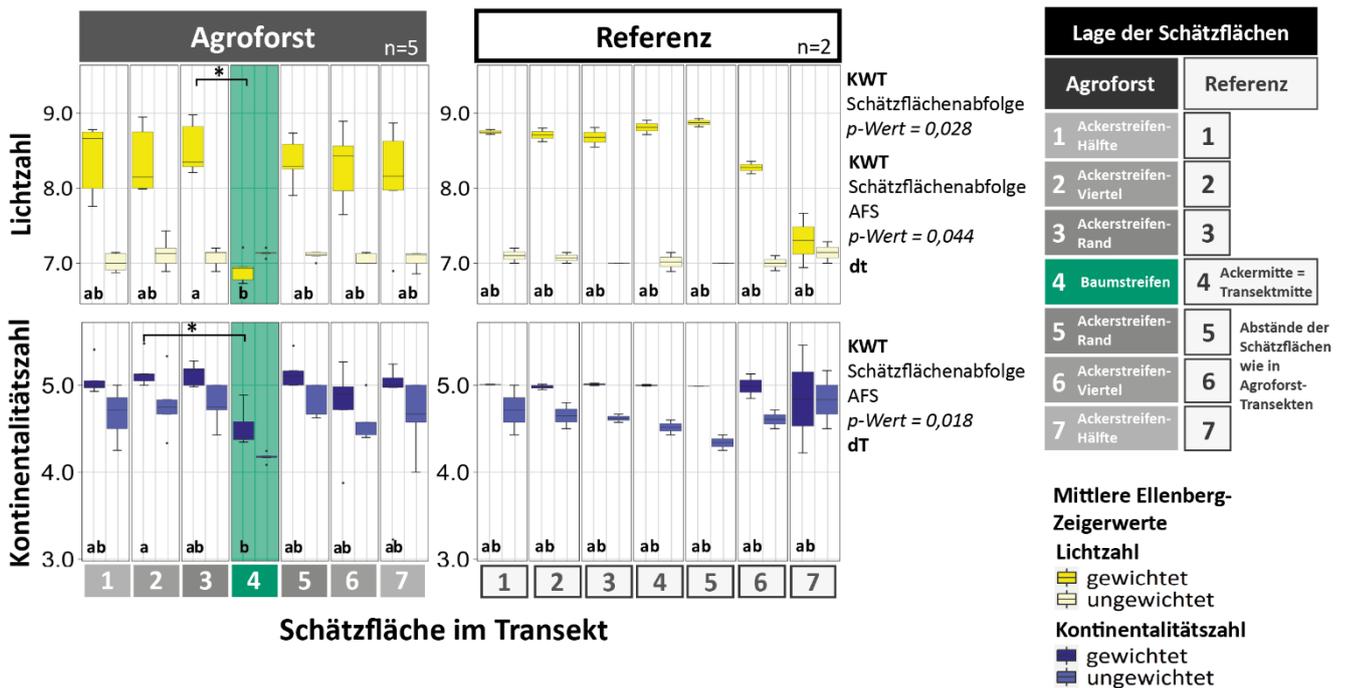


Abb. 4.3-14 Vergleich zwischen gewichteter und ungewichteter Licht- und Kontinentalitätszahl in Agroforst- (links) und Referenzfläche (rechts) auf dem Hof Garvmühlen (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert)

In **Abbildung 4.3-15** sind die **ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerte** für AFS und REF des **Glabacherhofs** dargestellt.

Die **ungewichtete Lichtzahl** im Baumstreifen (Median = 7,0) unterschied sich signifikant von den Schätzflächen eins, zwei, fünf, sechs und sieben im Agroforst-Ackerstreifen (Mediane = 6,4-6,5) (dT, p-Werte < 0,05). Während im Baumstreifen damit im Mittel Halblichtpflanzen vertreten waren, waren es im Ackerstreifen Pflanzenarten, die Halblicht ebenfalls bevorzugen, an Halbschatten vergleichsweise aber besser angepasst sind. Wurde die Ansaat im Baumstreifen von der Betrachtung exkludiert, lag die Lichtzahl mit einem Median von 6,9 etwas näher an jenen der Ackerstreifen-Schätzflächen.

Signifikante Unterschiede zeigten sich auch für die **ungewichtete Kontinentalitätszahl** zwischen den Baumstreifen mit einem Median von 3,6 und Schätzflächen drei (dT, p-Wert < 0,001), fünf (dT, p-Wert = 0,05) und sechs (dT, p-Wert = 0,01) im Agroforst-Ackerstreifen sowie Schätzfläche drei der Referenz (dT, p-Wert = 0,018). Die Acker-Schätzflächen wiesen einen durchschnittlichen Median von 3,3 auf. Die Arten im Baumstreifen zeigten damit eine leichte Tendenz hin zu kontinentalerem Klima, wobei sich

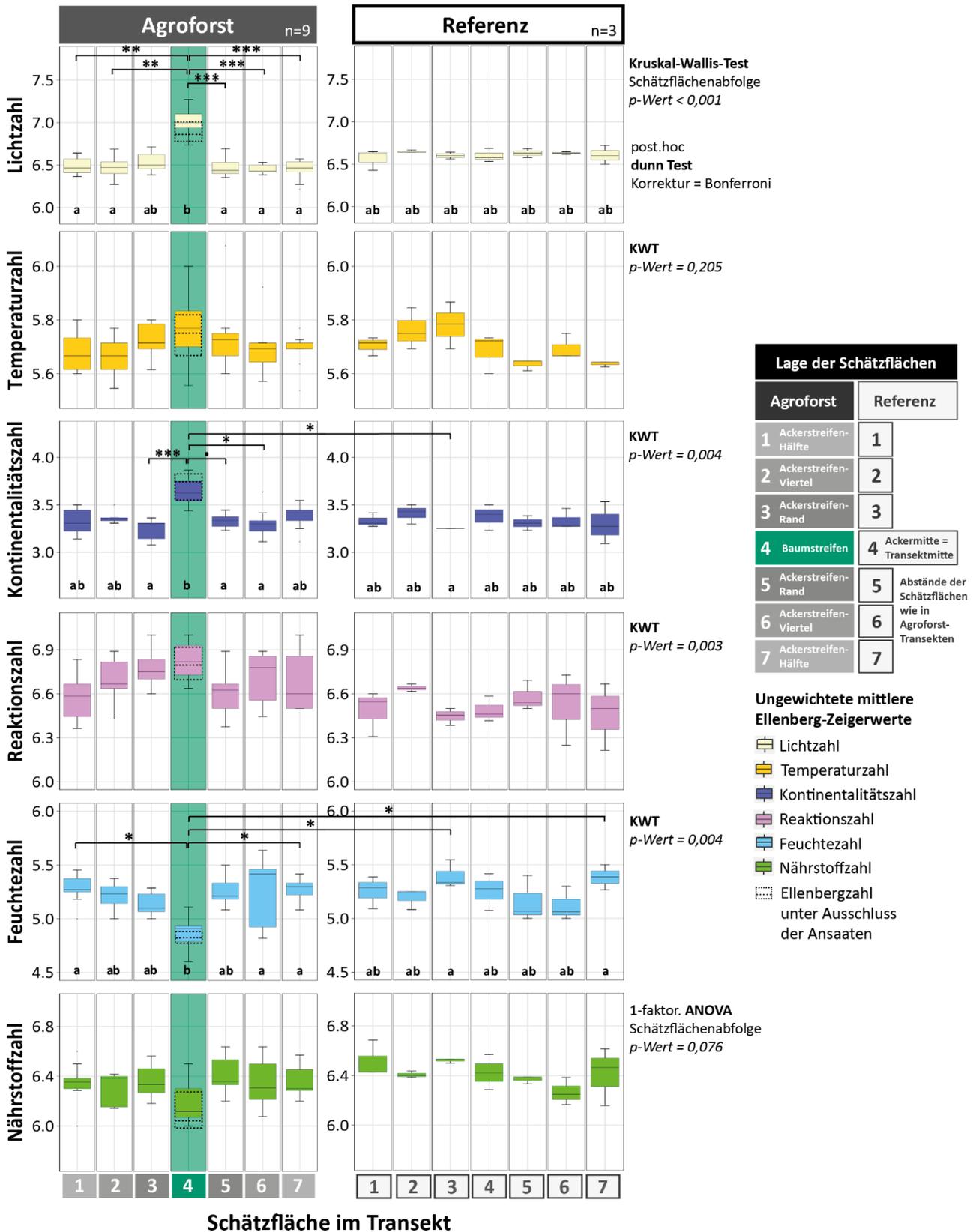


Abb. 4.3-15 Ungewichtete mittlere Ellenberg-Zeigerwerte: Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl der Vegetationserhebungen in Agroforst- (links) und Referenzfläche (rechts) auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen: gefüllte Boxplots = Ansaaten inkludiert, gestrichelte Boxplots = Ansaaten exkludiert)

alle kartierten Arten im Bereich ozeanisch bis subozeanisch einordnen ließen. Unter Ausschluss der Klee gras-Ansaat lag der Median im Baumstreifen bei 3,8. Die Differenz zwischen den Kontinentalitätszahlen des Ackers und Baumstreifens fiel unter Ausschluss der Ansaaten damit noch etwas deutlicher aus.

Die **ungewichtete Feuchtezahl** unterschied sich signifikant zwischen den Baumstreifen (Median = 4,9) und Schätzflächen eins (dT, p-Wert = 0,017) und sieben (dT, p-Wert = 0,015) im Agroforst-Ackerstreifen, welche eine ungewichtete Feuchtezahl von durchschnittlich 5,3 aufwiesen. Daneben bestand auch ein signifikanter Unterschied zu Schätzfläche drei (dT, p-Wert = 0,022) und sieben (dT, p-Wert = 0,035) des Ackerstreifens mit Medianen von 5,3-5,4. Zwischen der Feuchtezahl der Baumstreifen inklusive und exklusive der Klee gras-Ansaat bestand kaum ein Unterschied (Median Baumstreifen ohne Ansaat = 4,8). Insgesamt waren die mittleren Feuchtezahlen im Bereich der Frischzeiger und Zeiger mittelfeuchter Böden zu verorten. Die geringeren Feuchtezahlen im Baumstreifen wiesen darauf hin, dass die Vegetation hier leicht trockenheitsangepasster als jene innerhalb der Ackerflächen war.

Daneben lagen bei den **gewichteten Ellenberg-Zeigerwerten** signifikante Unterschiede zwischen Baumstreifen und Ackerflächen in der **Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions- und Nährstoffzahl** vor (**Abb. 4.3-16**).

Für die **gewichtete Temperaturzahl** zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Baumstreifen mit Median von 6,4 und Schätzfläche eins und zwei (dT, p-Wert = 0,03) im Agroforst-Ackerstreifen sowie Schätzfläche zwei (dT, p-Wert = 0,03) und sieben (dT, p-Wert = 0,004) in der Referenz, die Mediane 5,4-5,9 aufwiesen. Damit waren im Baumstreifen in der Tendenz eher Wärmezeiger, innerhalb der Ackerflächen Mäßigwärmezeiger vertreten.

Für die **gewichtete Kontinentalitätszahl** ergab sich ein umgekehrtes Verhältnis zwischen Acker- und Baumstreifen gegenüber den ungewichteten Werten. Die gewichtete Kontinentalitätszahl war im Baumstreifen mit einem Median von 3,0 geringfügig niedriger als in Schätzfläche sieben, d.h. der Ackerstreifenmitte (dT, p-Wert = 0,011) mit einem Median von 3,2. Alle Schätzflächen zeigten ein ozeanisch bis subozeanisches Klima an, während die Vegetation im Baumstreifen marginal stärker Richtung ozeanisch tendierte.

Die **gewichtete Reaktionszahl** unterschied sich signifikant zwischen den Baumstreifen-Schätzflächen (Median = 7) und Schätzfläche sechs der Referenz (dT, p-Wert = 0,019), deren Reaktionszahl im Median bei 6,2 lag. Damit zeigte die Vegetation des Baumstreifens eine stärkere Anpassung an neutral-basische Verhältnisse, während innerhalb der Ackerflächen die Tendenz Richtung Schwachsäurezeiger stärker ausgeprägt war.

Im Vergleich der **gewichteten Nährstoffzahlen** entlang der Schätzflächenabfolge zeigte sich eine umgekehrte Tendenz gegenüber den ungewichteten Nährstoffzahlen. Für die gewichteten Nährstoffzahlen lagen signifikante Unterschiede zwischen den Baumstreifen mit einem Median von 7,2 und Schätzfläche eins (dT, p-Wert = 0,031) und zwei (dT, p-Wert = 0,011) im AFS, welche beide Mediane von rund 6,3 aufwiesen. Damit wies die Begleitflora gemäß der gewichteten Werte im Baumstreifen auf leicht nährstoffreichere Standortbedingungen als jene innerhalb der Ackerflächen hin. Die Baumstreifen-Ansaaten ausgeschlossen, waren die Unterschiede zwischen den gewichteten Nährstoffzahlen in Baum- und Ackerstreifen innerhalb des AFS noch deutlicher als bei Inklusion der Klee gras-Ansaat ersichtlich (vgl. **Abb. 4.3-16**). Die Nährstoffzahlen innerhalb der Baumstreifen lagen mit einem Median von 7,3 signifikant höher als alle Schätzflächen im Ackerstreifen (dT, p-Werte < 0,05), welche Mediane zwischen 6,3 und 6,7 aufwiesen. Dies deutet darauf hin, dass insbesondere die nicht angesäte Flora hier bei der Gewichtung der Nährstoffzahlen zu einer Erhöhung führte.

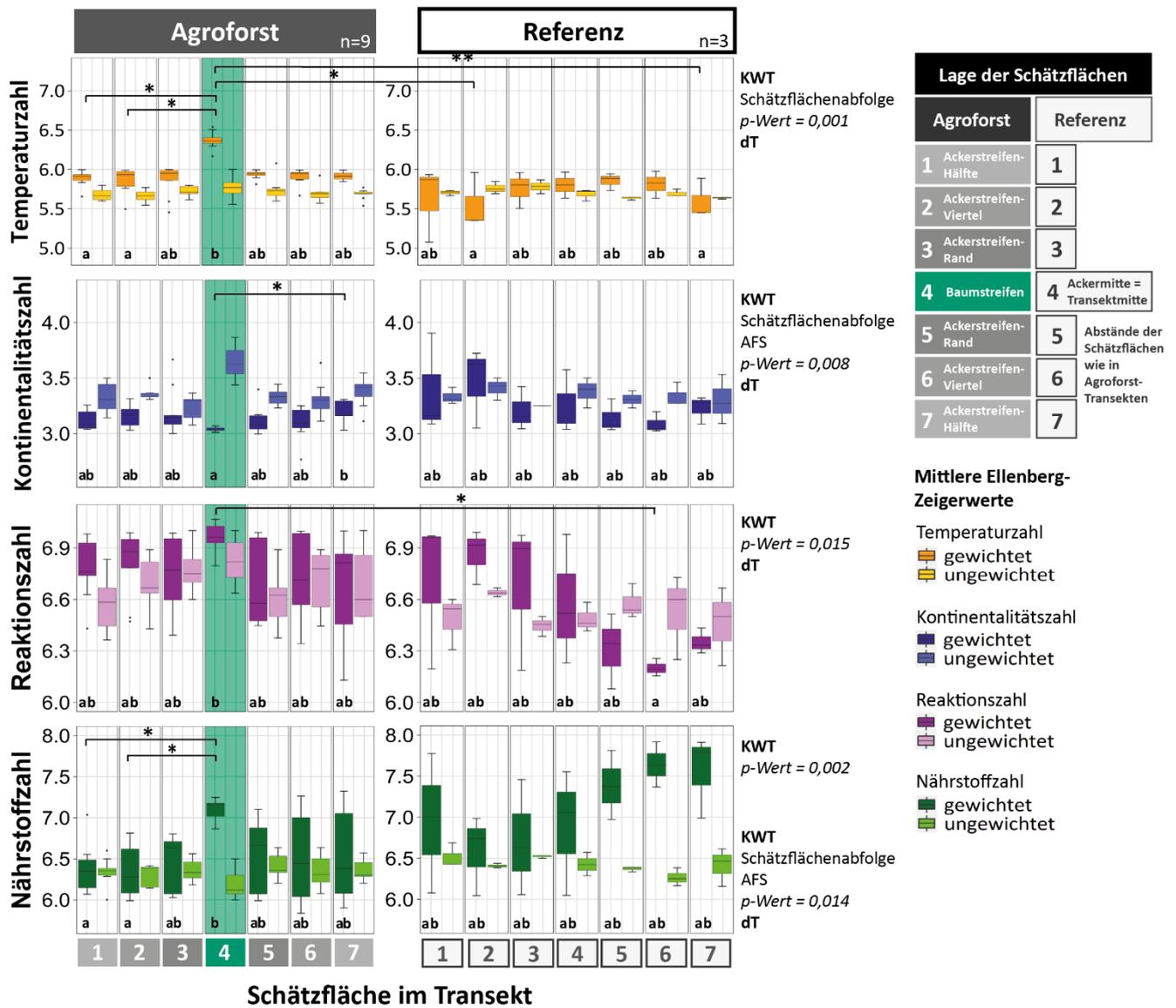


Abb. 4.3-16 Vergleich zwischen gewichteter und ungewichteter Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions- und Nährstoffzahl in Agroforst- (links) und Referenzfläche (rechts) auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert)

4.4 Biodiversitätsindizes

Fragestellung III

Wie fällt die **Biodiversität** der **Begleitflora** in Baumstreifen und Ackerstreifen des Agroforstsystems und der Referenzackerfläche aus?

4.4.1 Alpha-Diversität

4.4.1.1 Artenanzahl

Insgesamt wurden auf dem **Hof Garvmühlen** 57 Pflanzenarten kartiert, von denen 28 im Baumstreifen angesät waren (**Abb. 4.4-17**). Zwei der angesäten Arten *Cyanus segetum* und *Papaver rhoeas* kamen auch als wilde Beikräuter innerhalb der Agroforst-Ackerstreifen und Referenzfläche vor. Während das AFS eine Artenanzahl von 41 aufwies, kamen im REF 16 Arten vor. Nur eine der kartierten Arten (*Rumex acetosa*) war ausschließlich im Referenz- und nicht im AFS vorzufinden, allerdings ist diese Art zu vernachlässigen, da es sich um einen einmaligen Fund handelte. Die grauen Boxplots in **Abb. 4.4-17 b** fassen die gesamte Begleitflora zusammen. Der hellgrüne Boxplot im Baumstreifen zeigt die Artenanzahl abzüglich der Blühansaaten. Innerhalb der Agroforstfläche lag zwischen Baum- bzw. Blühstreifen (Schätzfläche 4) und Ackerstreifen (Schätzfläche 3) ein signifikanter Unterschied der Artenanzahl vor (dT, p-Wert = 0,023). Zur Referenzfläche konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden (KWT, p-Wert = 0,056) (**Abb. 4.4-17 b**). Waren im Baumstreifen insgesamt im Mittel 36 Arten vorzufinden (12 davon nicht angesät), wurden im Ackerstreifen des AFS sowie im REF im Mittel 8 verschiedene Arten kartiert. Ein Gradient innerhalb der Ackerstreifen von einer niedrigeren Artenanzahl in der Ackerstreifenmitte ansteigend hin zum Ackerstreifenrand konnte nicht beobachtet werden.

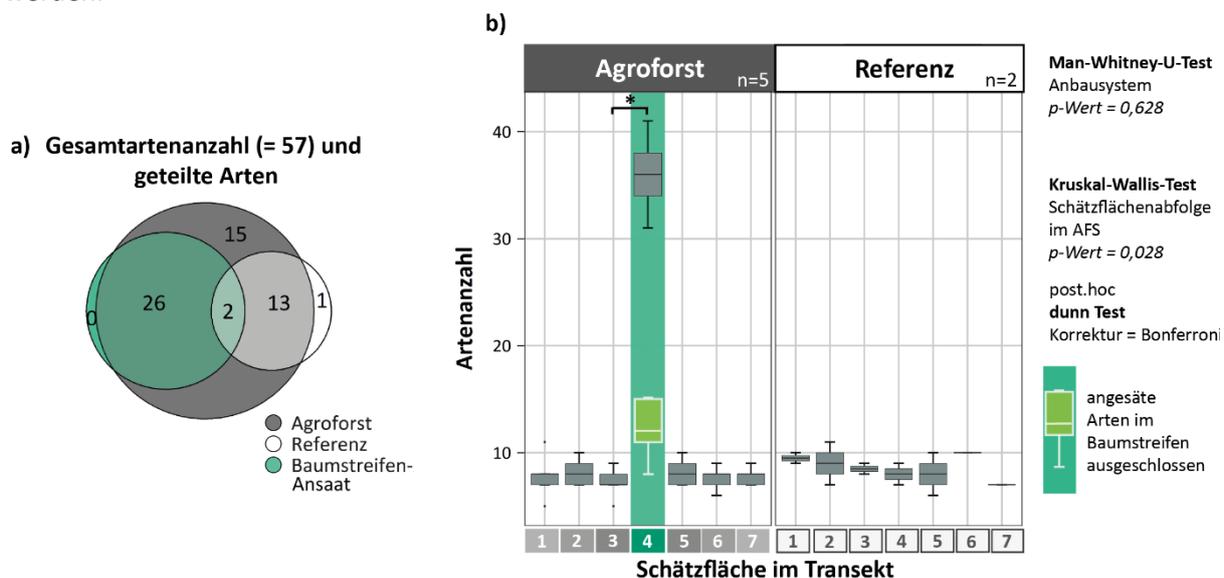


Abb. 4.4-17 Artenanzahl in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvmühlen:

a) Gesamtartenzahl und Überschneidung im Vorkommen der Arten, **b)** Artenanzahl entlang der Agroforst- und Referenz-Transekte

Insgesamt wurden innerhalb der Agroforst- und Referenzfläche auf dem **Gladbacherhof** 65 Arten kartiert. Hiervon kamen 10 ausschließlich im REF und 26 ausschließlich im AFS vor, sodass die Anzahl der geteilten Arten beider Anbausysteme bei 29 lag (**Abb. 4.4-18 a**). Von den 4 angesäten Arten kam *Trifolium pratense* auch in den Ackerstreifenrand-Aufnahmen sowie innerhalb der Referenz vor. **Abbildung 4.4-18 b** ist die Artenanzahl entlang der Transekte in Agroforst- und Referenzfläche zu

entnehmen. Die grauen Boxplots fassen alle vorkommenden Beikrautarten inklusive der vier angesäten Arten der Kleeegrasmischung im Baumstreifen zusammen. Der hellgrüne Boxplot zeigt die Artenanzahl im Baumstreifen abzüglich der Ansaaten. Eine Tendenz ansteigenden Artenzahlen von der Ackerstreifenmitte hin zum Baumstreifen kann in **Abbildung 4.4-18 a** für die Gesamtheit der Agroforst-Transekte sowie in **Abbildung 4.4-18 c** besonders für die Kombi-, daneben auch für die Apfel- und Pappel-Transekte beobachtet werden.

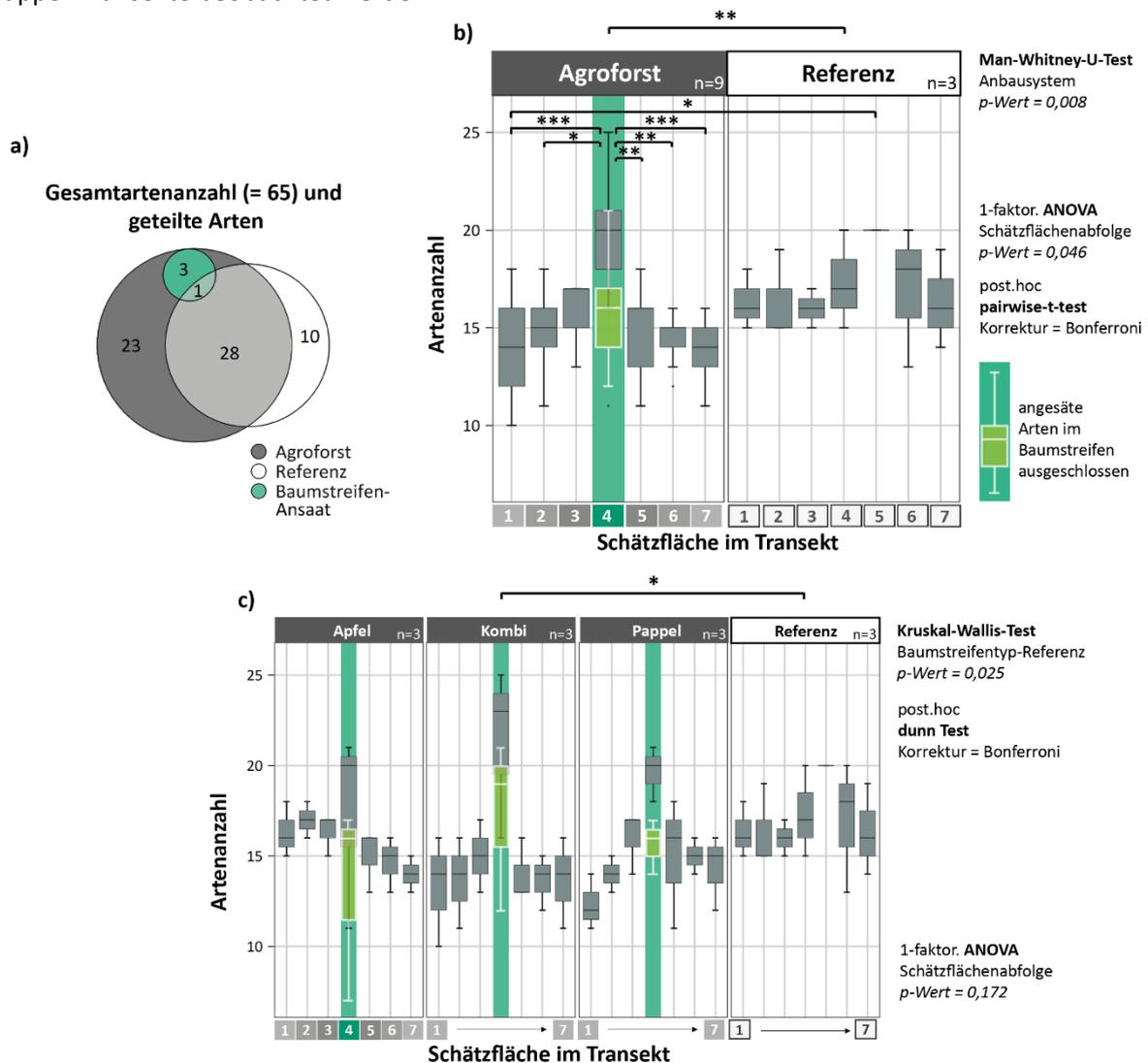


Abb. 4.4-18 Artenanzahl in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof:

a) Gesamtartenzahl und Überschneidung im Vorkommen der Arten, **b)** Artenanzahl entlang der Agroforst- und Referenz-Transekte **c)** Artenanzahl entlang der 3 Teilbereiche des Agroforsts mit Apfel-, Kombi oder Pappel-Baumstreifen im Vergleich zur Referenz

Die Baumstreifen-Ansaat eingeschlossen war die Artenanzahl im Baumstreifen (Schätzfläche 4) signifikant höher als in der Agroforst-Ackerstreifenmitte (Schätzfläche 1 und 7, ptT, $p\text{-Werte} = 0,058$), Ackerstreifenviertel (Schätzfläche 2 und 6, ptT, $p\text{-Werte} < 0,02$) und zum Ackerstreifenrand (Schätzfläche 5 und 6, ptT, $p\text{-Werte} = 0,005$) (**Abb. 4.4-18 a**). Von der Artenanzahl der Referenz-Schätzflächen hob sich der Baumstreifen allerdings nicht signifikant ab. Hingegen bestand ein signifikanter Artenanzahl-Unterschied zwischen Schätzfläche 1 im AFS und Schätzfläche 5 in der Referenz (ptT, $p\text{-Wert} = 0,027$). Waren im Baumstreifen im Mittel 19 Arten vorzufinden, lag die mittlere Artenanzahl im Ackerstreifen des AFS bei 14. Alle AFS-Aufnahmen zusammengenommen lag die mittlere Artenanzahl bei 15. Das REF wies mit einer durchschnittlichen Artenanzahl von 17 je

Schätzfläche einen größeren Artenreichtum als die Ackerstreifen der Agroforstfläche auf. Die drei Schätzflächen 5 der Referenz wiesen alle dieselbe Artenanzahl auf, weswegen der Boxplot hier nur als grauer Strich erscheint. Wurde die Klee gras-Ansaat im Baumstreifen ausgeschlossen, zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Schätzflächen im AFS (hellgrüner Boxplot, KWT, p-Wert = 0,356).

Fragestellung IV

Führt eine höhere **geplante Biodiversität** im Baumstreifen (Baum- und Strauchvielfalt, Struktur- und Gestaltungsvielfalt) zu einer höheren **assoziierten Diversität** der **Begleitflora**?

Im Vergleich der verschiedenen Baumstreifentypen innerhalb des AFS des Gladbacherhofs (**Abb. 4.4-18 c**) zeigte sich, dass die Transekte um die Kombi-Baumstreifen (mittlere Artenanzahl = 14) insgesamt betrachtet (Schätzflächen 1-7) eine leicht niedrigere mittlere Artenanzahl gegenüber den Apfel- und Pappel-Transekten (mittlere Artenanzahl = 15) aufwiesen. Dagegen wies das REF im Mittel einen höheren Artenreichtum mit durchschnittlich 17 Arten je Schätzfläche auf. Hierdurch ließ sich der signifikante Unterschied zwischen Kombi-Transekten und REF (**Abb. 4.4-18 c**) erklären (KWT, p-Wert = 0,025; post-hoc dT, p-Wert = 0,023). Die Durchführung einer 1-faktoriellen ANOVA für die Abfolge der Schätzflächen entlang der Baumstreifentypen und Referenz (7 x 4 = 28 Gruppen) zeigte, dass hier keine signifikanten Unterschiede in der Artenanzahl vorlagen (p-Wert = 0,172). Ausschließlich die Baumstreifen-Schätzflächen betrachtet, zeigte sich eine andere, wenn auch nicht signifikante Tendenz. Während im Apfel-Baumstreifen im Mittel 17 Arten vorkamen, waren es in den Pappel-Baumstreifen durchschnittlich 19 und in den Kombi-Baumstreifen im Mittel 21 Arten.

Insgesamt konnte zum Zeitpunkt der Erhebungen keine signifikant höhere Diversität der Begleitflora in den struktur- und artenreicher angelegten Kombi-Baumstreifen festgestellt werden.

4.4.1.2 Shannon-Index und Evenness

Wie auch die Artenanzahl waren die Shannon-Indizes innerhalb des Agroforst-Baumstreifens auf dem **Hof Garvsmühlen** höher als in den Ackerstreifen. Die Baumstreifen-Ansaaten eingeschlossen, wies die Baumstreifen-Schätzfläche mit einem Wert von rund 1,8 den höchsten Shannon-Index auf. In den Agroforst-Ackerstreifen sowie in der Referenz lag der Shannon-Index bei durchschnittlich 0,8 (**Abb. 4.4-19 a**). Auffallend sind die recht heterogenen Shannon-Indizes der Referenzfläche. Ein signifikanter Unterschied zwischen der Schätzflächenabfolge im AFS zeigte sich für den Vergleich von Schätzfläche 3 (Shannon = 0,71) im Ackerstreifen und Schätzfläche 4 im Baumstreifen (dT, p-Wert = 0,043) (**Abb. 4.4-19 a**). Auffällig ist im Vergleich der Baumstreifen- und Ackerstreifen-Shannon-Werte, dass die Streuung innerhalb des Ackerstreifens (sd = 0,39) und innerhalb der Referenzfläche (sd = 0,47) deutlich größer ausfiel als jene in den Baumstreifen (sd = 0,08). Gleiche Tendenz zeigte sich bei Betrachtung der Evenness-Werte (sd_{Baumstreifen} = 0,02, sd_{Ackerstreifen} = 0,18, sd_{Referenzfläche} = 0,23) (**Abb. 4.4-19 b**). Demnach lag in den Acker-Schätzflächen eine höhere Heterogenität der Shannon-Indizes und Evenness als im Baumstreifen vor. Da in die Berechnung des Shannon-Index die Anzahl der vorkommenden Arten und ihre Individuendichten einfließen, bleibt im errechneten Wert verborgen, ob er durch eine hohe Artenzahl mit jeweils unterschiedlicher Individuenzahl oder durch gleichmäßige Verteilung der Individuen bei wenigen Arten zustande kam. Über die Evenness (= Gleichmäßigkeit) lassen sich Bestände unterschiedlicher Artenanzahl vergleichen. Eine maximal ausgeglichene Verteilung der Arten liegt bei Evenness = 1 vor. Schätzfläche 7 der Referenzfläche wies mit einem Wert von rund 0,8 die ausgeglichene Artenverteilung auf, während Schätzfläche 5 im Referenzsystem im Hinblick auf die prozentuale Verteilung der Arten mit einem Wert von 0,15 am heterogensten war. Im Agroforst-Baumstreifen – Ansaaten inklusive – betrug die Evenness im Mittel 0,52 (**Abb. 4.4-19 b**). Damit lag diese, wenn auch nicht signifikant, höher als jene der Ackerstreifen-Schätzflächen im AFS (Evenness = 0,40). Dies deutet darauf hin, dass die prozentuale Verteilung der Arten im Baumstreifen geringfügig

ausgeglichener als jene im Ackerstreifen war. Jedoch waren weder im Man-Whitney-U-Test beim Vergleich der zwei Gruppen Agroforst und Referenz (p -Wert = 0,183) noch innerhalb des Kruskal-Wallis-Tests für die Schätzflächenabfolge (14 Gruppen, jeweils 7 Schätzflächen für AFS und REF, p -Wert = 0,096) signifikante Unterschiede zwischen den Evenness-Werten nachweisbar.

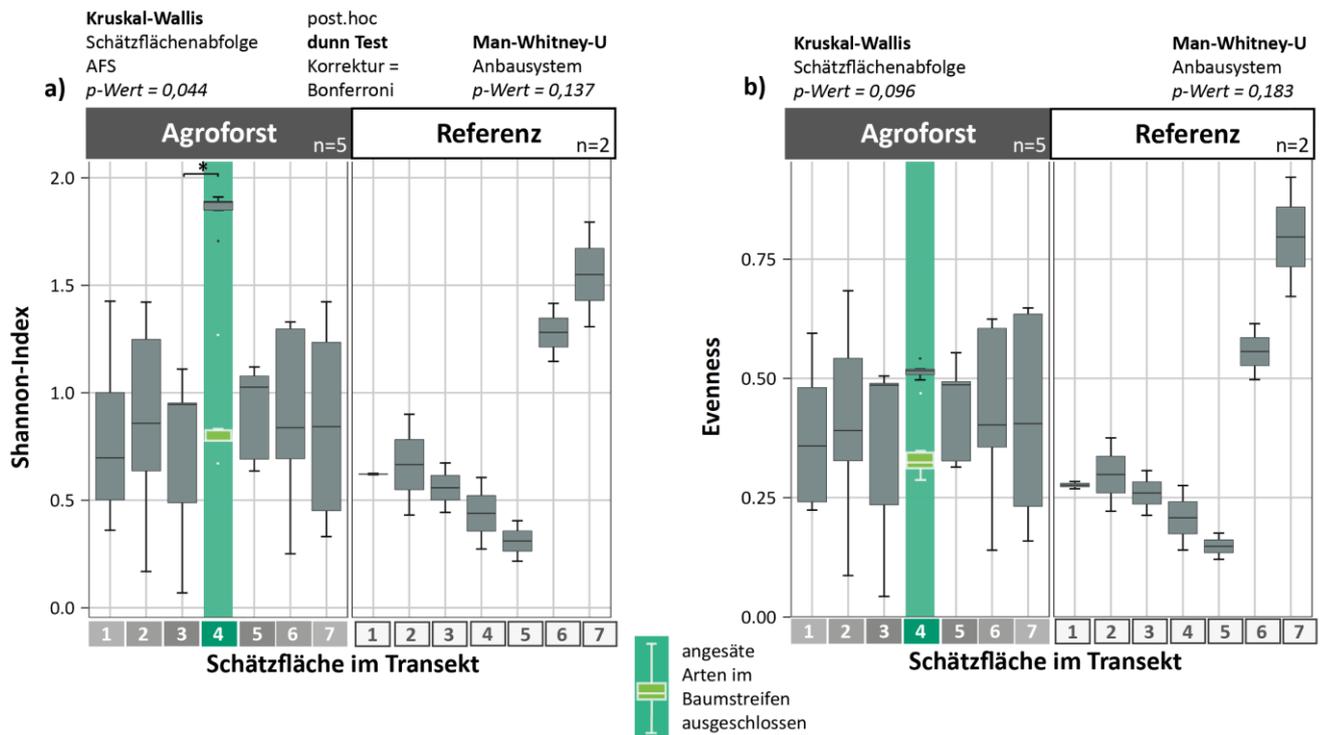


Abb. 4.4-19 Alpha-Biodiversität in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvmühlen: **a)** Shannon-Index **b)** Evenness

Auf dem **Gladbacherhof** wurden zwischen den Shannon-Indizes (**Abb. 4.4-20 a**) und Evenness-Werten (**Abb. 4.4-20 b**) der Transekt-Schätzflächenabfolge sowie im Gesamtvergleich der beiden Anbausysteme Agroforst und Referenz keine signifikanten Unterschiede festgestellt (p -Werte > 0,05). Auffällig war im Vergleich der Shannon-Werte, dass die Streuung innerhalb der Ackerstreifen ($sd = 0,52$) und Referenzfläche ($sd = 0,51$) deutlich größer ausfiel als jene in den Baumstreifen ($sd = 0,1$). Gleiche Tendenz war auch für die Evenness-Werte ($sd_{\text{Baumstreifen}} = 0,04$, $sd_{\text{Ackerstreifen}} = 0,18$, $sd_{\text{Referenz}} = 0,18$) zu beobachten. Es zeigte sich demnach innerhalb der Acker-Schätzflächen ein breiteres Spektrum an Shannon-Indizes- bzw. Evenness-Werten als im Baumstreifen.

Gruppiert nach Baumstreifentyp (Apfel, Kombi, Pappel) oder Referenz waren die Shannon- und Evenness-Werte normalverteilt und wurden jeweils einer 1-faktoriellen Anova unterzogen. Diese war in beiden Fällen signifikant (**Abb. 4.4-20 c u. d**), sodass post-hoc ein pairwise-t-Test mit Bonferroni Korrektur durchgeführt wurde. Hierin unterschieden sich die Shannon-Indizes der Apfel-Transekte mit einem Mittelwert von 1,59 signifikant von jenen der Referenz-Transekte, die einen gemittelten Shannon-Index von 1,16 aufwiesen (ptT, p -Wert = 0,021) sowie von den Pappel-Transekten mit einem mittleren Shannon-Index von 1,09 (ptT, p -Wert = 0,004). Auch die Evenness-Werte unterschieden sich im Vergleich Apfel-Referenz (ptT, p -Wert = 0,007) sowie Apfel-Pappel (ptT, p -Wert = 0,004) signifikant. Die Mittelwerte lagen hier für die Apfel-Transekte bei 0,58, für die Referenz bei 0,41 und für die Pappel bei 0,4. Gruppiert nach Baumstreifentypen / Referenz und Schätzflächenabfolge (1-7) waren nur die Shannon-Indizes normalverteilt und wurden anhand der unterschiedlichen Baumstreifentypen einer 1-faktoriellen ANOVA unterzogen. Während diese signifikante Unterschiede diagnostizierte (p -Wert = 0,02), war der Kruskal-Wallis-Test für die nicht normalverteilten Evenness-Werte in gleicher Gruppierung nicht signifikant (p -Wert = 0,374).

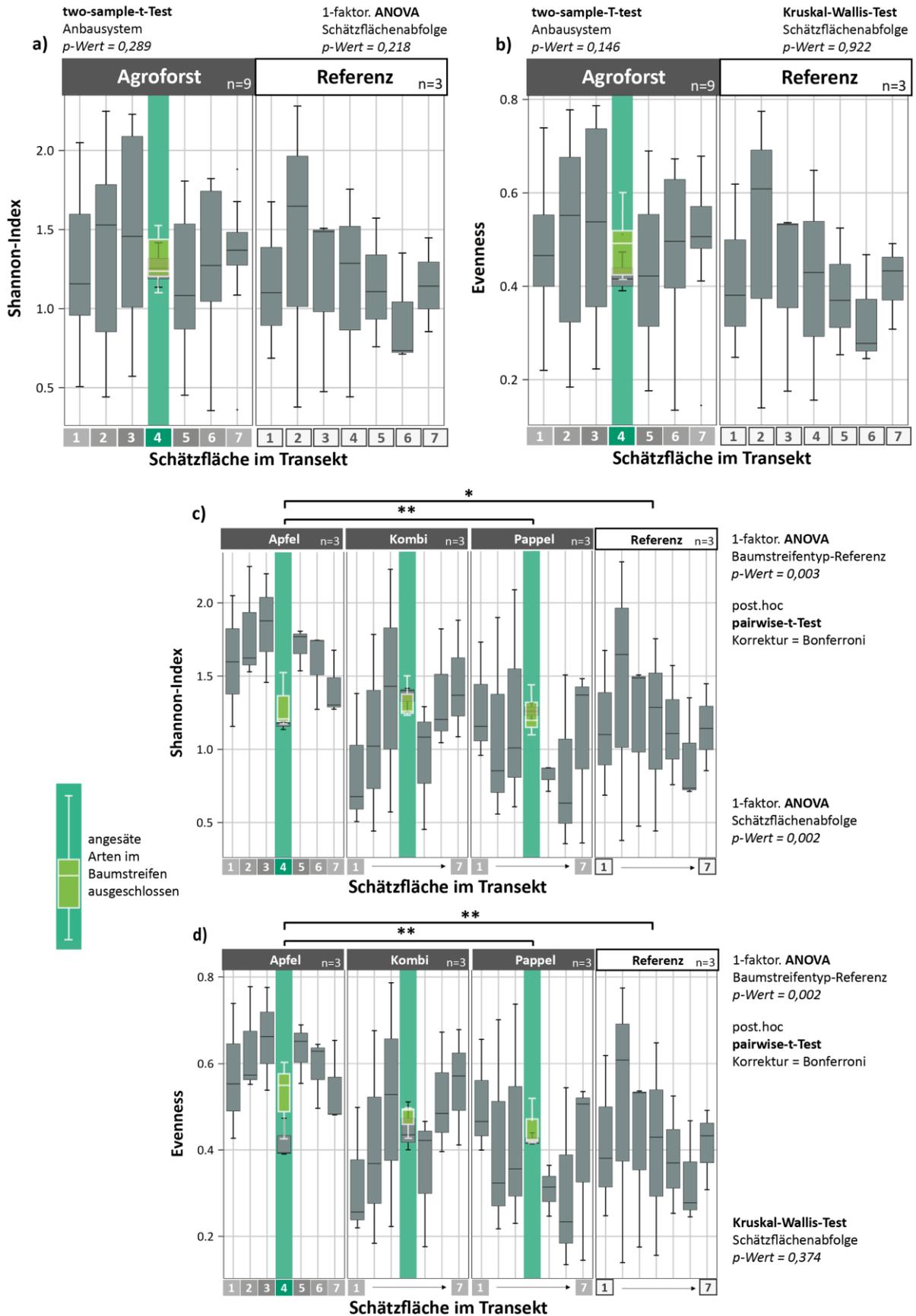


Abb. 4.4-20 Alpha-Biodiversität in Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof:
 a) u. c) Shannon-Index b) u. d) Evenness

4.4.2 Beta-Diversität

In **Abbildung 4.4-21** ist die Beta-Diversität der Agroforst- und Referenz-Transekte des **Hof Garvsmühlens** entsprechend ihrer Ähnlichkeit nach Jaccard-Index dargestellt. Der Jaccard-Index kann Werte im Bereich 0 und 1 annehmen. Hohe Werte deuten auf eine hohe Ähnlichkeit und relative Homogenität der verglichenen Aufnahmen hin. Plötzliche Absenkungen der Werte hingegen deuten eine Grenze zwischen zwei unterschiedlichen Vegetationstypen an (MÖSELER et al. 2009). Da es sich beim Jaccard-Index um einen reinen Präsenz- und keinen Massengemeinschaftskoeffizienten handelt, wird hier lediglich die Präsenz bzw. Absenz von Arten analysiert. Ihre Deckung findet keine Berücksichtigung.

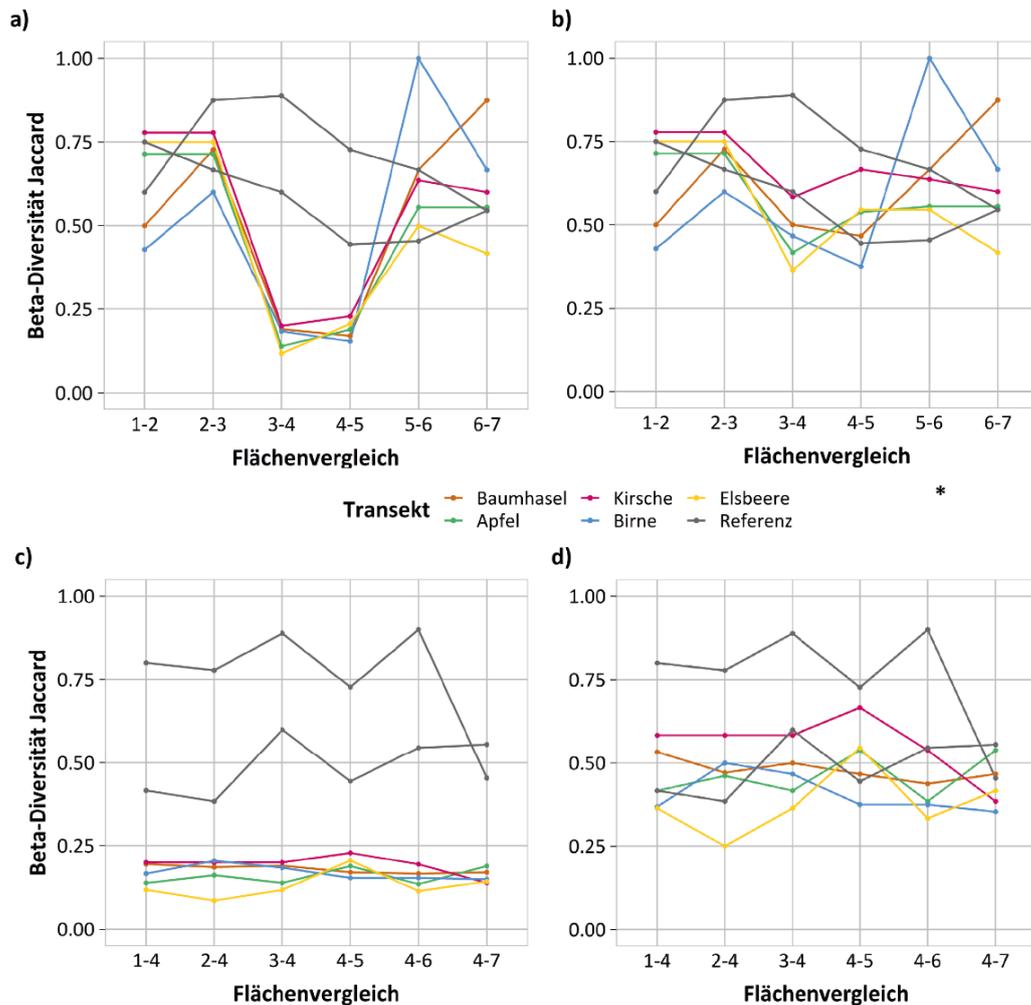


Abb. 4.4-21 Beta-Diversität-Ähnlichkeitsmaße (Jaccard-Index) von Agroforst- und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlens: **a)** und **b)** Flächenvergleich entlang der Schätzflächenabfolge im Transekt (Baumstreifen-Ansaaten in **a**: inkludiert, **b**: exkludiert), **c)** und **d)** Flächenvergleich jeweils zur Baumstreifen-Schätzfläche 4 (Baumstreifen-Ansaaten in **c**: inkludiert, **d**: exkludiert)

In **Abbildung 4.4-21 a** ist die Beta-Diversität entlang der Schätzflächenabfolge 1 bis 7 unter Einbezug der angesäten Arten dargestellt. Für die Berechnung der in **Abbildung 4.4-21 b** dargestellten Beta-Diversität wurden vorab die im Blühstreifen angesäten Arten ausgeschlossen. Über den Vergleich zeigte sich, dass sich der Baumstreifen (Schätzfläche 4) innerhalb der Agroforst-Transekte in **Abbildung 4.4-21 a** durch seinen geringeren Jaccard-Index klar von der Referenz abhob, während Referenz- und

Agroforst-Transecte sich nach Ausschluss der Ansaaten (**Abb. 4.4-21 b**) weniger deutlich von dieser unterschieden. Im jeweiligen Vergleich der Ackerstreifen-Schätzflächen zu Baumstreifen (Schätzfläche 4) wurde der Unterschied zwischen Referenz- und Agroforst-Transecten besonders deutlich (**Abb. 4.4-21 c**). Während sich die Agroforst-Transecte nach Ausschluss der Ansaaten (**Abb. 4.4-21 d**) von einer der Referenz-Transecte leicht durch einen geringeren Jaccard-Index abhoben, lag dieser für das zweite Referenz-Transect auf gleicher Höhe. Insgesamt wurde über den Vergleich nach beiden Ansätzen ersichtlich, dass die Baumstreifen-Ansaaten im AFS die Ähnlichkeit der verglichenen Flächen herabsetzten und über den verstärkten Florenkontrast die Diversität der Fläche erhöhten.

Bei Betrachtung der **Jaccard Beta-Diversität** für den **Gladbacherhof** wurde ebenfalls ersichtlich, dass die Baumstreifen im AFS die Ähnlichkeit der Flächen herabsetzten (**Abb. 4.4-22 a u. b**). Die unter Ausschluss der Baumstreifen-Ansaaten visualisierten Beta-Diversitäts-Werte zeigten nur einen geringfügigen Unterschied zu **Abbildung 4.4-22** und sind im Anhang (**Abb. 8.-32**) zu finden. Im jeweiligen Vergleich der Ackerstreifen-Schätzflächen (1, 2, 3, 5, 6, 7) zur Baumstreifen-Schätzfläche (4) wurde der Unterschied zwischen Referenz- und Agroforst-Transecten besonders deutlich (**Abb. 4.4-22 b**). Während der Jaccard-Index der Referenz auf hohem Niveau verblieb (= hohe Ähnlichkeit der verglichenen Flächen), waren die Beta-Diversitäts-Werte der Ackerstreifen-Baumstreifen-Vergleiche (3-4 und 4-5) deutlich geringer. Dies entspricht einer größeren Unähnlichkeit bzw. Diversität zwischen den Flächen.

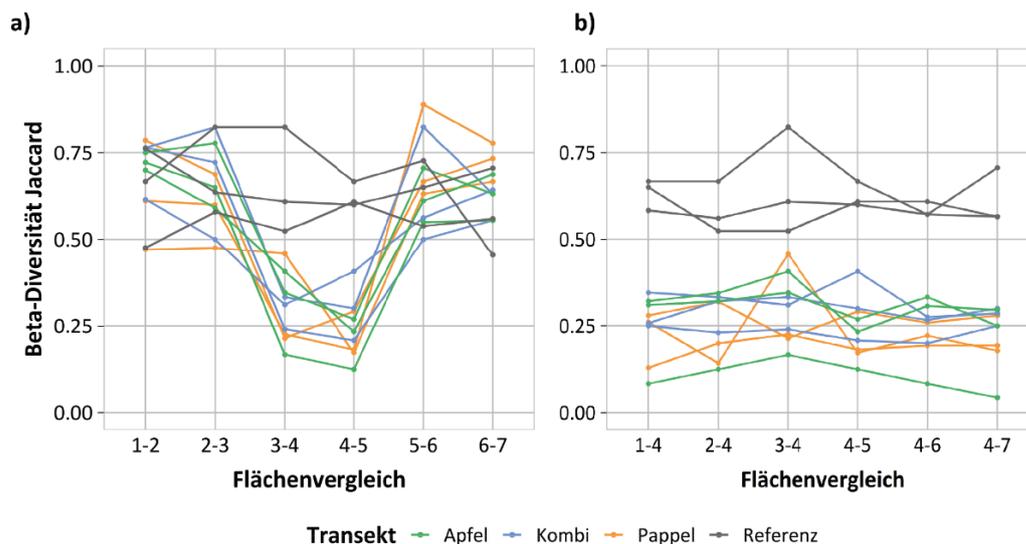


Abb. 4.4-22 Beta-Diversität-Ähnlichkeitsmaße (Jaccard-Index) von Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert): **a)** Flächenvergleich entlang der Schätzflächenabfolge im Transect, **b)** Flächenvergleich jeweils zur Baumstreifen-Schätzfläche 4

In **Tabelle 4.4-8** ist BD_{total} , das heißt die totale Varianz der Vegetationsaufnahmen (vgl. **3.3.4.2**) berechnet nach Jaccard für die Agroforst- und Referenzflächen aufgeführt. Auch hier gilt je höher die Werte, desto höher die Ähnlichkeit der verglichenen Aufnahmen (1= maximale Ähnlichkeit, 0 = maximale Unähnlichkeit).

Die Agroforstfläche des **HGM** (Baumstreifen-Ansaat inkludiert, $BD_{total} = 0,736$) wies in sich eine niedrigere Ähnlichkeit, d.h. höhere Heterogenität als die Referenzfläche ($BD_{total} = 0,794$) auf. Wurde die Baumstreifen-Ansaat ausgeschlossen, zeigte die Agroforstfläche mit einem BD_{total} -Wert von 0,771 nur noch einen geringfügig höheren Florenkontrast gegenüber der Referenz auf.

Die BDtotal Werte für den **GBH** sind ebenfalls **Tabelle 4.4-8** zu entnehmen. Auch hier wies die Agroforstfläche (Baumstreifen-Ansaat inkludiert, BDtotal = 0,743) eine geringfügig niedrigere Ähnlichkeit, d.h. einen höheren Florenkontrast gegenüber der Referenzfläche (BDtotal = 0,801) auf. Die Baumstreifen-Ansaat exkludiert, unterschied sich der BDtotal-Wert der Agroforstfläche mit 0,751 noch immer recht deutlich von der Referenzfläche.

Tab. 4.4-8 Totale Beta-Diversität (BDtotal) untersuchter Agroforst- und Referenzflächen (Jaccard-Index)

Wert		Agroforst		Referenz
		Baumstreifen-Ansaat		
		inkl.	exkl.	
Totale Beta-Diversität (BDtotal)	Hof Garvsmühlen	0,736	0,771	0,794
	Glabbacherhof	0,743	0,751	0,801

4.4.3 Artenanzahl und Deckungsverhältnisse

In **Abbildung 4.4-23** sind die Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen Gesamtdeckung, Deckung der Kultur (Ackerkultur bzw. Baumstreifen-Ansaat) und Begleitflora sowie Artenanzahl abgebildet.

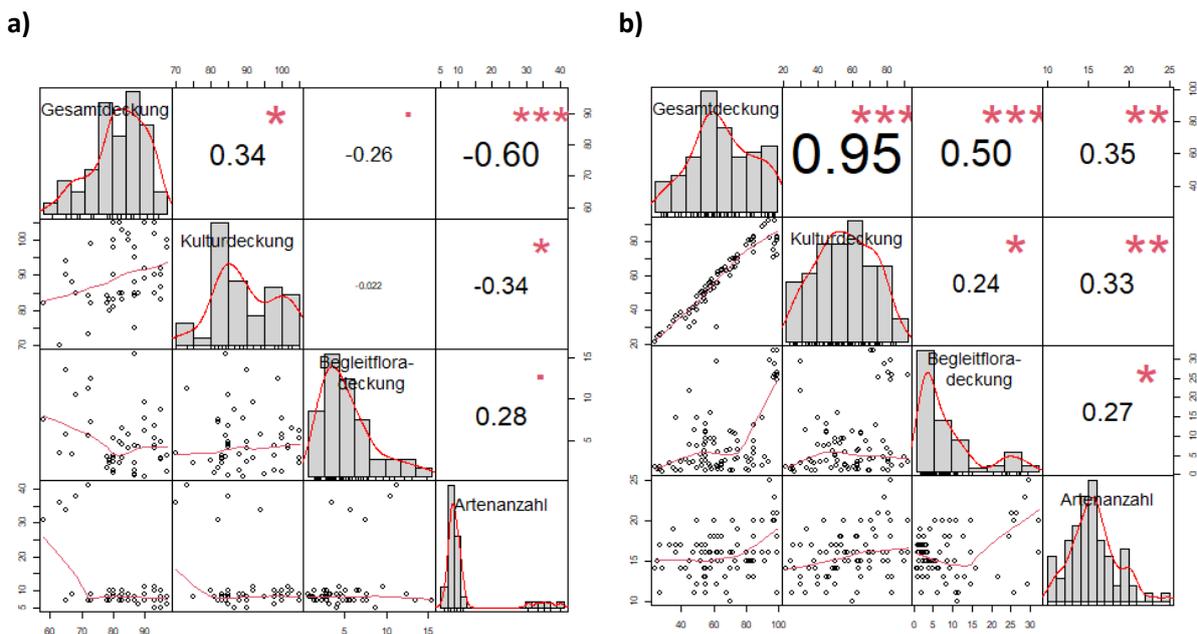


Abb. 4.4-23 Pearsons Korrelationskoeffizienten zwischen Gesamtdeckung, Kulturdeckung, Begleitfloradeckung und Artenanzahl (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert) **a)** Hof Garvsmühlen und **b)** Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert, Ackerkultur und Baumstreifen-Ansaaten als Kultur gewertet)

Auf dem **HGM (a)** korrelierte die Artenanzahl negativ mit der Gesamtdeckung ($r = -0,6$, p-Wert $< 0,0001$) und Kulturdeckung ($r = -0,34$, p-Wert = $0,02$). Die Deckung der Begleitflora hingegen korrelierte positiv, allerdings nicht signifikant mit der Artenanzahl der Begleitflora ($r = 0,28$, p-Wert = $0,055$).

Auf dem **GBH (b)** zeigte sich bezüglich der Korrelation zwischen Gesamt- und Kulturdeckung bezogen auf die Artenanzahl ein umgekehrtes Bild. Sowohl die Gesamtdeckung ($r = 0,35$, p -Wert = $0,001$) als auch die Kulturdeckung ($r = 0,33$, p -Wert = $0,002$) korrelierten positiv mit der Artenanzahl der Beigräser und -kräuter. Zusätzlich korrelierte auch die Deckung der Begleitflora positiv mit der Kulturdeckung ($r = 0,24$, p -Wert = $0,027$).

In **Tabelle 4.4-9** sind die durchschnittlichen Werte der Gesamtdeckung und Vegetationshöhe innerhalb der Baumstreifen und Ackerflächen zusammengefasst. Die geschätzte Gesamtdeckung war auf dem **HGM** in den Baumstreifen im Vergleich mit den Ackerflächen am niedrigsten. Dagegen war die durchschnittliche Vegetationshöhe auf HGM in den Baumstreifen gegenüber den Ackerflächen im AFS und REF am höchsten. Auf dem **GBH** hingegen war die Gesamtdeckung in den Baumstreifen höher als in den Ackerflächen, wobei die Referenzfläche mit ihrer mittleren Deckung zwischen jener von AF-Ackerstreifen und Baumstreifen zu einzuordnen war. Die Baumstreifen wiesen auf dem GBH die gleiche mittlere Vegetationshöhe wie die Referenzfläche (Dinkel) auf. Die mittlere Vegetationshöhe innerhalb der AF-Ackerstreifen (Winterweizen) war deutlich niedriger.

Tab. 4.4-9 Mittelwerte, Maxima und Minima der geschätzten Gesamtdeckung und gemessenen Vegetationshöhe in den Agroforst- und Referenzflächen

Wert	Hof	Agroforst		Referenz
		Baumstreifen	Ackerstreifen	
Gesamtdeckung (in %)	Hof Garvsmühlen	Mittel: 56 (n=5) Min: 58 Max: 72	Mittel: 85 (n=29) Min: 67 Max: 97	Mittel: 84 (n=14) Min: 65 Max: 95
	Glabbacherhof	Mittel: 98 (n=9) Min: 95 Max: 99	Mittel: 56 (n=54) Min: 24 Max: 90	Mittel: 70 (n=19) Min: 35 Max: 94
Durchschnittliche Vegetationshöhe (in cm)	Hof Garvsmühlen	118 (n=4)	112 (n=29)	109 (n=14)
	Glabbacherhof	123 (n=8)	103 (n=54)	123 (n=21)

4.5 Naturschutzfachlicher Wert für Bestäuberinsekten

Fragstellung V

Welchen **naturschutzfachlichen Wert** weisen die Agroforstsysteme für **Bestäuberinsekten** gegenüber reinen Ackerflächen auf?

4.5.1 Status der kartierten Arten

Hof Garvsmühlen

Die auf dem HGM kartierten Arten wurden durch METZING et al. (2018) in ihrem **bundesweiten Bestand** überwiegend als häufig bis sehr häufig eingestuft. Als Arten, die im Baumstreifen angesät vorkamen, gelten *Malva sylvestris* als mäßig häufig, *Foeniculum vulgare* und *Leucanthemum ircutianum* in ihrem bundesweiten Bestand als unbeständig (HAND et al. 2022).

Auf der **Roten Liste Deutschlands** befindet sich *Cyanus segetum* auf der Vorwarnliste. Alle anderen kartierten Arten gelten als ungefährdet (METZING et al. 2018).

Auf der **Roten Liste Mecklenburg-Vorpommerns** (VOIGTLÄNDER & HENKER 2005), deren aktuellste Fassung jedoch bereits aus dem Jahr 2005 stammt, werden als bereits ausgestorbene Art (0) *Camelina sativa*, als stark gefährdete Art (2) *Avena fatua* und als gefährdete Arten (3) *Geranium dissectum*,

Leontodon hispidus und *Leucanthemum irtutianum* geführt. Zudem sind die *Centaurea jacea* untergeordneten Subspezies *jaceae* und *angustifolia* als gefährdet (3) eingestuft, weswegen *C. jaceae* nicht als allgemein ungefährdet gelten kann. *Cyanus segetum*, *Lotus corniculatus* und *Veronica hederifolia* befinden sich zudem auf der Vorwarnliste. Alle anderen Arten sind auf Ebene des Bundeslandes als ungefährdet eingestuft.

Nach ELLENBERG et al. (2001) schwanden auf Bundesebene in der **Tendenz**, allerdings nicht stark oder überall, *Anchusa arvensis* s. str., *Camelina sativa*, *Cyanus segetum*, *Malva sylvestris*, *Matricaria chamomilla* und *Papaver rhoeas*. *Bromus tectorum*, *Erodium cicutarium*, *Geranium dissectum*, *Melilotus officinalis*, *Raphanus raphanistrum* und *Reseda luteola* zeigten eine leicht rückläufige Tendenz. *Achillea millefolium*, *Cichorium intybus*, *Foeniculum vulgare* und *Leucanthemum irtutianum* zeigten hingegen eine Etablierungstendenz. Daneben breitete sich *Stellaria media* mit leichter Tendenz aus (ELLENBERG et al. 2001).

Für keine der auf dem HGM kartierten Arten ergab sich für den bundes- oder landesweiten Raum gemäß WELK (2001), GRUTTKE et al. (2004) oder VOIGTLÄNDER & HENKER (2005) eine besondere **Verantwortung**.

Phacelia tanacetifolia und *Trifolium incarnatum* sind hierzulande nicht beheimatete Kulturpflanzenarten (*Ergasiophytophyten*), die unbeständig ruderal auch an Schutt, Bahnanlage, Ackerrändern und Brachäckern verwildert vorzufinden sind. Sie werden in Gründüngungen zur Humusmehrung, in Blühansaaten, z.B. als Honigbientracht oder als Futterpflanzen kultiviert (JÄGER 2011). Während *Phacelia tanacetifolia* in Westamerika ihr natürliches Verbreitungsgebiet hat, liegt jenes von *Trifolium incarnatum* im Mittelmeerraum. Da beide Arten nach 1492 erstmalig in Deutschland kultiviert wurden, gelten sie als **Neophyten** (KLOTZ et al. 2002).

Gladbacherhof

Nach METZING et al. (2018) wurden die auf dem GBH kartierten Arten in ihrem **bundesweiten Bestand** durchweg als häufig bis sehr häufig eingestuft. Als mäßig häufige Art ist einzig *Vicia lathyroides* zu nennen.

Gemäß der **Roten Liste Deutschlands** befinden sich *Anthemis arvensis*, *Sherardia arvensis* und *Vicia lathyroides* auf der Vorwarnliste (METZING et al. 2018).

Durch die **Rote Liste Hessens** (STARKE-OTTICH & GREGOR 2019) wurde der Großteil der kartierten Arten ebenfalls als ungefährdet eingestuft. Ausnahmen stellen zusätzlich zu den bereits vorher genannten Arten *Anthemis arvensis*, *Sherardia arvensis* und *Vicia lathyroides* auch *Euphorbia exigua* dar, welche sich auf Landesebene auf der Vorwarnliste befinden. Auch die im Rahmen der Kartierungen nicht auf Artniveau kartierte Artengruppe *Taraxacum officinale* agg., innerhalb derer durch STARKE-OTTICH & GREGOR (2019) einige Arten als gefährdet bis bereits ausgestorben eingestuft wurden, kann nicht als allgemein ungefährdet angesehen werden.

Nach ELLENBERG et al. (2001) schwanden, allerdings nicht stark oder überall, *Anthemis arvensis*, *Euphorbia exigua*, *Matricaria chamomilla*, *Papaver rhoeas*, *Sherardia arvensis*, *Veronica agrestis* und *Vicia tetrasperma* in der **bundesweiten Tendenz**. *Vicia lathyroides* galt teilweise als bereits oder fast verschwunden. *Dactylis glomerata* und *Lolium multiflorum* breitete sich tendenziell aus oder verwilderte gelegentlich.

Deutschland trägt für die Art *Vicia lathyroides* gemäß GRUTTKE et al. (2004) bundesweit in hohem Maße **Verantwortung** (!!). Auf der Ebene Hessens ergab sich für die kartierten Arten keine zusätzliche landesspezifische Verantwortung (STARKE-OTTICH & GREGOR 2019).

Silene conoidea ist ein unbeständiger **Neophyt**, der sich in Deutschland zunehmend etabliert. Innerhalb des AFS wurden zwei Individuen in Ackerrand-Schätzflächen, d.h. unmittelbar angrenzend an die Klee gras-Ansaat im Baumstreifen kartiert.

4.5.2 Blumenklassen

Die kartierten Pflanzen sind entsprechend ihrer Einteilung in das Blumenklassen-System nach MÜLLER (1873, 1881) in **Tabelle 8.-15** im Anhang einsehbar. MÜLLER (1881) klassifizierte die Pflanzenwelt entsprechend ihrer Blütenmorphologie und der hieran angepassten Bestäuberinsektengruppen.

In **Abbildung 4.5-24 a** sind die in Baumstreifen, Ackerstreifen und Referenzacker kartierten Blumenklassen entsprechend ihrer anteiligen Präsenz/Absenz innerhalb der kartierten Schätzflächen für den **Hof Garvsmühlen** dargestellt. Die Anteile der verschiedenen Blumenklassen innerhalb der Ackerflächen (Agroforst-Ackerstreifen und Referenz) ähnelten jenen der Begleitflora im Baumstreifen. In Ackerstreifen und REF nahmen **Hymenopterenblumen** einen Anteil von 14 % ein, innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora waren es 9 % (dT, p-Wert > 0,5). 12 % waren innerhalb der Ackerflächen in AFS und REF **Bienenblumen** zuzuordnen, während ihr Anteil innerhalb der Baumstreifen mit 8 % ebenfalls geringer ausfiel. Ein signifikanter Unterschied bestand für den Anteil der Bienenblumen zwischen Agroforst-Ackerstreifen und Baumstreifen (dT, p-Wert = 0,01). Den größten Anteil machten innerhalb der Ackerflächen Blumen mit **halbverborgenem Nektar** mit 30 % im AFS und 33 % innerhalb der REF aus. In der Baumstreifen-Begleitflora waren es hingegen 25 %, wobei beschriebene Unterschiede hier nicht signifikant waren (dT, p-Werte $\geq 0,478$). Den größten Anteil bildeten innerhalb des Baumstreifens Blumen mit **völlig verborgenem Nektar** (34 % in der Begleitflora). **Pollenblumen** waren innerhalb der Begleitflora in Baumstreifen, AF-Ackerstreifen und REF mit jeweils 8 % gleichermaßen vertreten (KWT, p-Wert = 0,103). Auch der Anteil der **Windblumen ohne Insektenbesuch** lag im AFS mit 16 % innerhalb der Baumstreifen- und 15 % innerhalb der Ackerstreifen-Begleitflora auf ähnlichem Niveau. Innerhalb der REF lag er mit 11 % nicht signifikant niedriger (dT, p-Wert > 0,486). Hier waren zudem 3 % der Arten in die Klasse der **Windblumen mit gelegentlichem Insektenbesuch** einzuordnen. Diese nahmen innerhalb der Ackerstreifen im AFS 1 % ein und waren innerhalb des Baumstreifens nur als Teil der Ansaat mit einem Anteil von 4 % anzutreffen. Innerhalb der Baumstreifen-Ansaat nahmen Blütenpflanzen mit **halbverborgenem Nektar** mit 17 % gegenüber den Ackerflächen und der Begleitflora im Baumstreifen einen geringen Anteil ein (dT, p-Wert $\leq 0,03$). Gleichzeitig waren hier 4 % der kartierten Arten **Tagfalter**-, 4 % **Nachtfalter**-, weitere 4 % Blumen vom **Übergangstyp Falter- bis Hummelblumen** und 8 % **Hummelblumen**. 18 % der kartierten Arten innerhalb der Baumstreifen-Ansaat waren zudem **Blumen mit freiliegenderem Nektar**. 23 % waren der Klasse der **Blumen mit völlig verborgenem Nektar** zugehörig.

Die verschiedenen auf dem HGM kartierten Blumenklassen sind entsprechend ihrer Deckung in **Abbildung 4.5-24 b** dargestellt. Zunächst ist ersichtlich, dass die Deckung der Begleitflora innerhalb der Baumstreifen mit insgesamt rund 87 % deutlich höher ausfiel als jene in den AF-Ackerstreifen (4 %) und der Referenzackerfläche (5 %). Im Folgenden werden nur jene Blumenklassen mit einer Deckung von gerundet mindestens einem Prozent erwähnt. Während innerhalb der Referenzfläche im Mittel 4 % und innerhalb der AF-Ackerstreifen 3 % Deckung durch **Windblumen ohne Insektenbesuch** ausgemacht wurden, machten **Hymenopterenblumen** 1 % der Deckung in den Ackerflächen aus. Innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora wurde der Großteil der Deckung mit einem Anteil von 16 % durch **Blumen mit völlig verborgenem Nektar** gebildet. 2 % wiederum waren **Hymenopterenblumen**, 3 % **Pollenblumen** und 1 % **Windblumen ohne Insektenbesuch**. Die Baumstreifen-Ansaat nahm innerhalb der Baumstreifen im Mittel eine Deckung von geschätzt 65 % ein. 40 % Deckung wurden durch **Blumen mit halbverborgenem Nektar**, 19 % durch **Hymenopterenblumen**, 3 % durch **Hummelblumen** und jeweils 1 % durch **Bienenblumen**, **Blumen mit freiliegenderem Nektar** und solche mit **völlig verborgenem Nektar** ausgemacht.

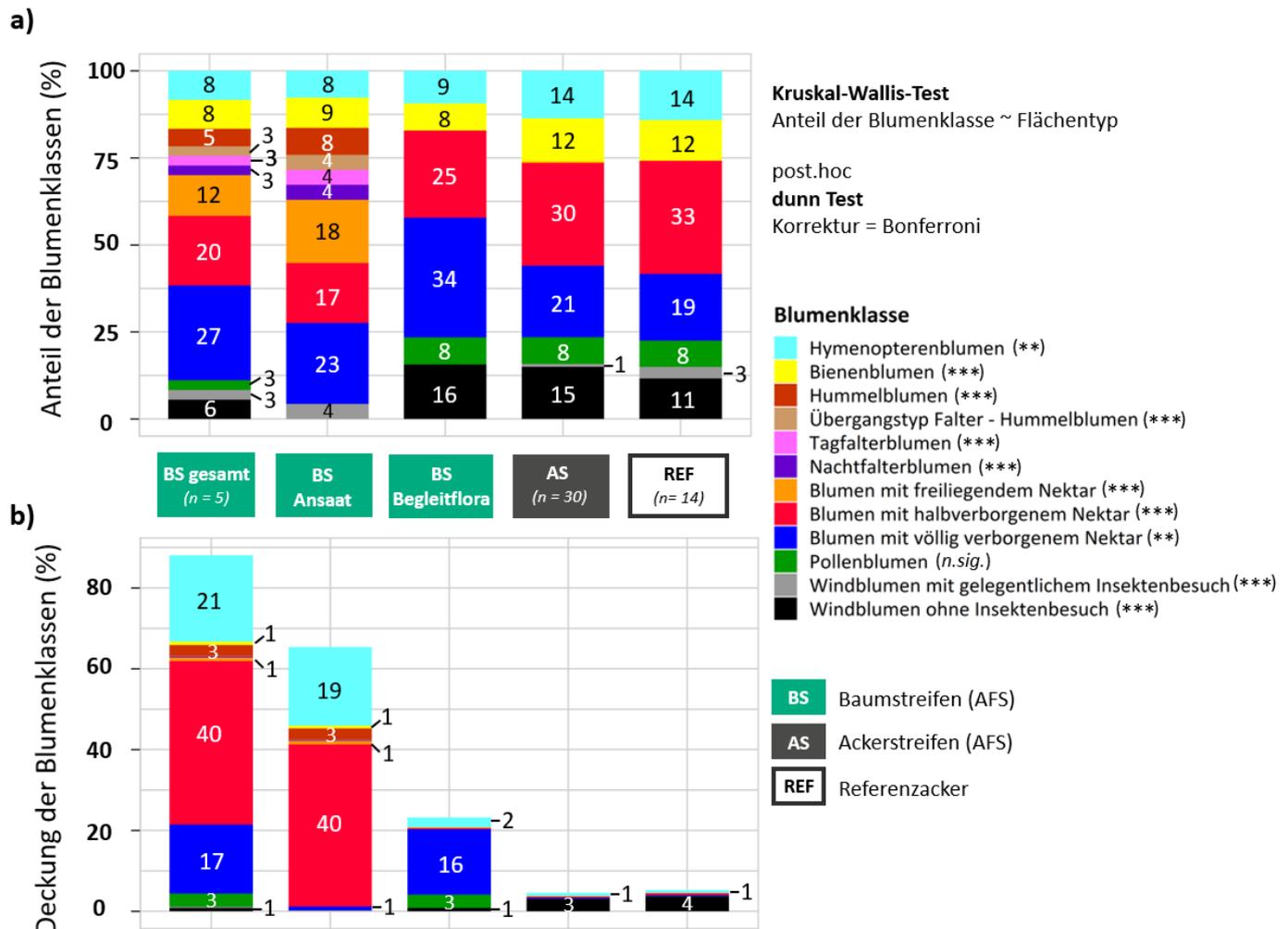
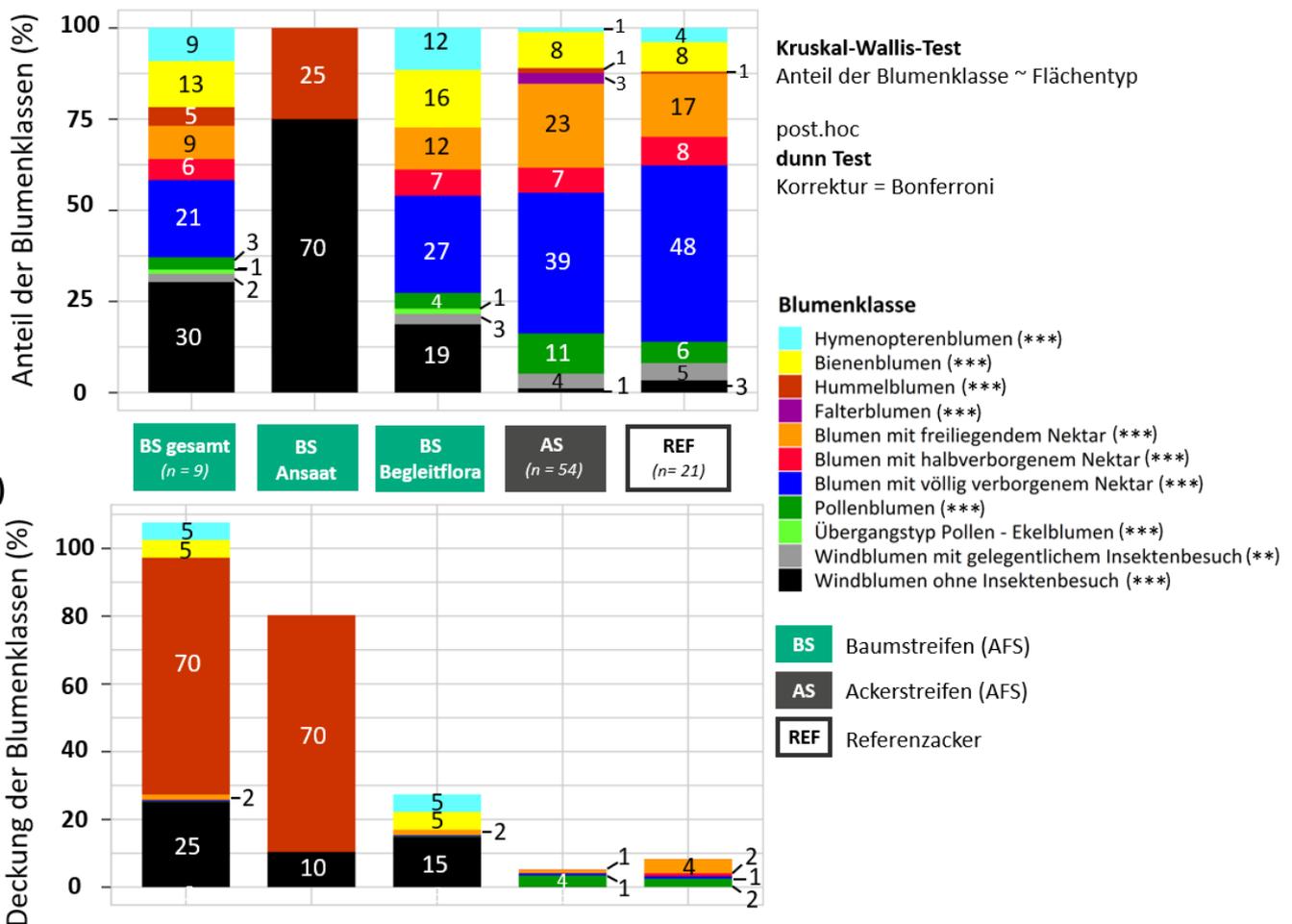


Abb. 4.5-24 Blumenklassen nach Müller auf dem Hof Garvsmühlen: **a)** Berechnung der Anteile entsprechend der Präsenz-Absenz der kartierten Arten, **b)** Deckung der kartierten Arten nach Blumenklassen (Die Summe der Prozentwerte ergibt im Einzelfall keine 100 Prozent, da es sich um Rundungen handelt)

Abbildung 4.5-25 a zeigt die mittleren anhand von Präsenz-Absenz-Daten errechneten Anteile der Blumenklassen in den AF-Baumstreifen, AF-Ackerstreifen und innerhalb des REF für den **Glabbacherhof**. Die Baumstreifen-Ansaat wies mit 2 hier vertretenen Blumenklassen gegenüber den Begleitflora in Baumstreifen, Ackerstreifen und Referenzfläche mit durchschnittlich jeweils 9 verschiedenen Blumenklassen eine geringere Blumenklassenvielfalt auf. Die Ansaat wurde entsprechend der angesäten 3 Grasarten und einer Kleeart zu Dreiviertel den **Windblumen ohne Insektenbesuch** und einem Viertel den **Hummelblumen** zugeordnet. Die Verteilung der Begleitflora in Baumstreifen, Ackerstreifen und Referenzacker ähnelten sich, jedoch sind die Anteile der verschiedenen Blumenklassen teilweise abweichend. Zudem konnte *Clematis vitalba*, welche eine **Pollen- bis Ekelblume** ist, nur innerhalb der Baumstreifen kartiert werden (KWT, p-Wert = 0,001). Gleichzeitig war *Sherardia arvensis* als **Falterblume** nur innerhalb der AF-Ackerstreifen mit einem Anteil von 3 % vorkommend (KWT, p-Wert < 0,001). **Hummelblumen** machten innerhalb der Ackerflächen rund 1 % der kartierten Arten aus. Der größte Anteil der kartierten Begleitflora-Arten war sowohl im Baumstreifen mit 27 %, als auch im AF-Ackerstreifen mit 39 % und innerhalb der Referenzfläche mit 48 % den **Blumen mit völlig verborgenem Nektar** zugehörig. Signifikant war hierbei

der Unterschied zwischen der Begleitflora des Baumstreifens und der Referenz (dunn Test, p-Wert = 2.195 e-05). Während 19 % der im Baumstreifen kartierten Begleitflora **Windblumen ohne Insektenbesuch** waren, machten diese innerhalb der Ackerstreifen (1 %) und Referenzfläche (3 %) einen deutlich geringeren Anteil aus (dT, p-Wert < 0,0168). **Windblumen mit gelegentlichem Insektenbesuch** waren innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora mit 3 %, in den Ackerstreifen mit 4 und innerhalb der Referenzfläche mit 5 % ähnlich stark vertreten. Hingegen waren **Pollenblumen** im Ackerstreifen mit 11 % stärker vertreten als innerhalb der REF mit 6 und Baumstreifen mit 4 % Anteil am Artinventar (dT, p-Wert \leq 3.293 e-04). **Blumen mit halbverborgenem Nektar** konnten in allen Bereichen mit 7 bis 8 % etwa gleich stark beobachtet werden. Hingegen machten **Blumen mit freiliegender Nektar** in den Ackerstreifen mit 23 % einen größeren Anteil aus als innerhalb der Referenzfläche (17%) und Baumstreifen-Begleitflora (12 %) (dT, p-Wert \leq 0,011). **Bienenblumen** waren innerhalb der Baumstreifen doppelt so häufig vertreten (16 %) wie in den Ackerflächen (AFS und REF = 8 %). Signifikant ging aus dem dunn Test allerdings nur ein Unterschied der Bienenblumen-Anteile zwischen Baumstreifen und Referenz Begleitflora hervor (p-Wert = 0,003). Auch **Hymenopterenblumen** waren innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora mit einem Anteil von 12 % häufiger als in den Ackerflächen (AFS = 1 %, REF = 4 %) (dT, p-Wert \leq 0,004).

a)



b)

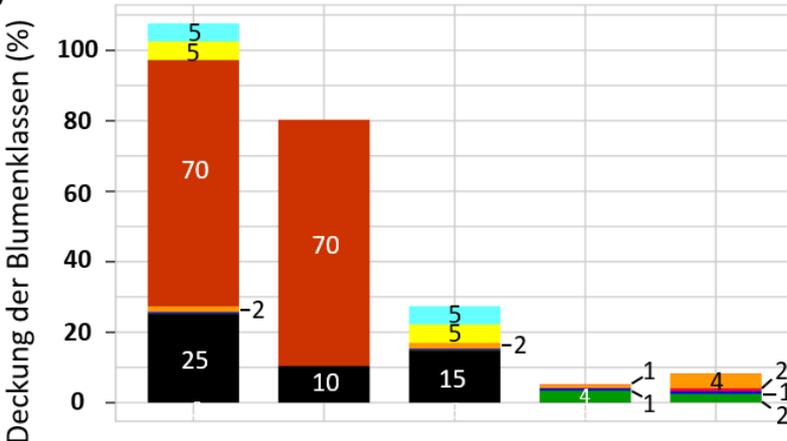


Abb. 4.5-25 Blumenklassen nach Müller auf dem Gladbacherhof: **a)** Berechnung der Anteile entsprechend der Präsenz-Absenz der kartierten Arten, **b)** Deckung der kartierten Arten nach Blumenklassen (Die Summe der Prozentwerte ergibt im Einzelfall keine 100 Prozent, da es sich um Rundungen handelt)

Abbildung 4.5-25 b zeigt die verschiedenen Blumenklassen entsprechend ihrer Deckung für AFS und REF auf dem GBH. Auf den ersten Blick fällt die hohe Deckung des Baumstreifens als Gesamtheit (107 %) gegenüber einer durchschnittlich sehr geringen Deckung der Begleitflora innerhalb der Ackerflächen (6-9 %) ins Auge. Da es sich bei den aufgezeigten Deckungswerten nicht um die geschätzte Gesamtdeckung handelt, sondern um die aufsummierten Bedeckungsgrad-Schätzungen der einzelnen Arten, überstieg die Deckung im Baumstreifen 100 %. Bei Betrachtung des Baumstreifens kehrte sich die Verteilung zwischen **Hummel-** und **Windblumen ohne Insektenbesuch** um. Zwar waren drei von vier der angesäten Arten innerhalb der Klee-Grasmischung Gräser (**Abb. 4.5-25 a**), jedoch lag die Deckung der Gräser bzw. **Windblumen** bei nur 10 %, während *Trifolium pratense* mit 70 % dominierte. Innerhalb der Baumstreifen-Begleitflora nahmen hingegen **Windblumen ohne Insektenbesuch** mit einem Anteil von 15 % die größte Deckung ein. Gleichzeitig wurden jeweils 5 % hier durch **Hymenopteren-** und **Bienenblumen** sowie 2 % durch **Blumen mit völlig freiliegendem Nektar** gedeckt. Letzte waren innerhalb der Referenzfläche mit zwar nur 4 % die deckungsstärkste Blumenklasse und nahmen innerhalb der AF-Ackerstreifen im Mittel 1 % Deckung ein. Während **Blumen mit halbverborgenem** und **völlig verborgenem Nektar** innerhalb der Ackerflächen jeweils 1 % ausmachten, lag die Deckung der **Pollenblumen** mit 4 % innerhalb der Agroforst-Ackerflächen gegenüber der Referenzfläche (2 %) doppelt so hoch.

4.6 Begleitflora mit wirtschaftlichem Schadpotenzial

Fragstellung VI

Besteht in Agroforstsystemen ein gehäuftes Auftreten von Beikräutern und Beigräsern mit **wirtschaftlichem Schadpotenzial**?

4.6.1 Begleitflora-Kultur-Verhältnis

Auf dem **Hof Garvsmühlen** lag das Begleitflora-Kultur-Verhältnis im AFS mit 4,6 % im Mittel geringfügig niedriger als im REF (5 %). Innerhalb der Agroforstfläche war die Begleitflora im relativ zur Kultur bzw. dort angesäter Blümmischung in Acker- und Baumstreifen mit 4,6 % gleichstark vertreten (**Tab. 4.6-10**).

Auf dem **Glabbacherhof** war das Begleitflora-Kultur-Verhältnis innerhalb des REF mit 10,9 % leicht höher als in den Agroforst-Ackerstreifen mit im Mittel 9,1 %. Das Begleitflora-Kultur-Verhältnis fiel im Baumstreifen mit durchschnittlich 25,4 % deutlich höher aus (**Tab. 4.6-10**).

Tab. 4.6-10 Mittleres Begleitflora-Kultur-Verhältnis (*weed-crop-ratio*)

Wert	Hof	Agroforst		Referenz
		Baumstreifen	Ackerstreifen	
Begleitflora-Kultur-Verhältnis (Formel VIII.)	Hof Garvsmühlen	4,6 % (n=5)	4,6 % (n=30)	5,0 % (n=14)
	Glabbacherhof	25,4 % (n=9)	9,1 % (n=54)	10,9 % (n=19)

4.6.2 Betrachtung spezifischer Arten

Für den **Hof Garvsmühlen** zeigte der Deckungsvergleich entlang der Transektabfolge je nach Artenauswahl ein unterschiedliches Ergebnis. Während die Deckung der Beikräuter und -gräser im Baumstreifen bei der überregionalen Artenauswahl mit im Mittel 32 % deutlich höher lag als jene

innerhalb der Ackerflächen mit im Mittel 6 % (**Abb. 4.6-26 a**), war sie im Baumstreifen nach ortsspezifischer Artenauswahl mit durchschnittlich 1 % am geringsten (**Abb. 4.6-26 b**). Dieser Unterschied lag darin begründet, dass sich Arten wie *Cyanus segetum*, *Papavaer rhoes* und *Sinapis arvensis* der Artenauswahl vorangegangener Literaturrecherche mancherorts ertragsmindernd auswirken, innerhalb der AF-Baumstreifen jedoch Bestandteil der Blühstreifen-Ansaat waren. Im Kruskal-Wallis-Test unterschied sich die Deckung nur für die überregionale Artenauswahl signifikant (p -Wert = 0,036) zwischen Agroforst und Referenz, nicht aber bei der ortsspezifischen Betrachtung (p -Wert = 0,098). Im dünn Test mit Bonferroni-Korrektur, waren im Vergleich der Schätzflächenabfolge für die überregionale Artenauswahl lediglich Schätzfläche 4 und 7 signifikant unterschiedlich (p -Wert = 0,008) (**Abb. 4.6-26 a**). Auf dem HGM wurden keine der Beikraut oder -grasarten als eindeutig problematisch angesehen. Ein geringes Schadpotenzial entwickelten Beigräser, die vom Feldrand in den Klee grasbestand einwuchsen. Diese sowie auch Ausfallraps und -gerste können in den Folgekulturen, wenn zum Beispiel Getreide angebaut wird, problematisch sein (ARNDT 2022). *Cyanus segetum* und *Papaver rhoeas* kamen zwar mit hoher Stetigkeit im Bestand vor, wurden aufgrund der geringen Deckung allerdings nicht als ertragsmindernd bewertet.

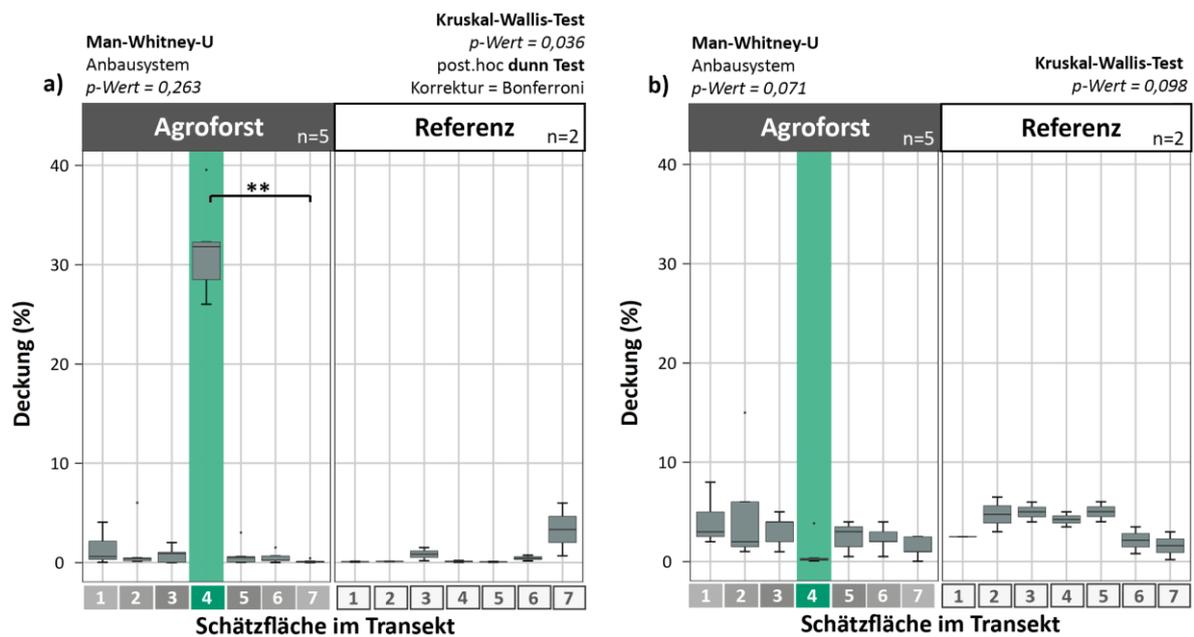


Abb. 4.6-26 Akkumulierte Deckung der Begleitflora mit Schadpotenzial auf dem Hof Garvsmühlen: **a)** Überregionale Artenauswahl, **b)** ortsspezifische Artenauswahl

Die Deckung der problematischen Begleitflora unterschied sich auf dem **Gladbacherhof** für beide Auswahlmethoden signifikant zwischen AFS und REF (MWUT, p -Werte $\leq 0,006$) (**Abb. 4.6-27 a und b**). Auf dem GBH lag die Deckung der Begleitflora im Baumstreifen nach überregionaler Artenauswahl niedriger als in den Agroforst-Ackerstreifen. Die Deckung im Baumstreifen war mit 2 % am geringsten und im dünn Test signifikant niedriger (p -Wert = 0,016) als in Schätzfläche 6 der Referenz, welche mit einem Mittelwert von 16 % die höchste Deckung aufwies (**Abb. 4.6-27 a**). In **Abbildung 4.6-27 a** fallen einzelne Ausreißer auf, welche die Heterogenität der Bedeckungsgrade widerspiegeln. Beispielsweise wurde in einer der Pappel-Schätzflächen 1 am westlichen Ackerrand ein Begleitflora-Bedeckungsgrad von insgesamt 29 % festgestellt, hiervon 17 % *Papaver rhoeas*, 6 % *Galium aparine* und 4 % *Cirsium arvense*. Mit Blick auf die ortsspezifische Artenauswahl (**Abb. 4.6-27 b**) wies der Baumstreifen verglichen mit den Agroforst-Ackerstreifen eine leichte, jedoch nicht signifikant höhere Deckung auf. Die betrachteten Arten waren innerhalb der Referenzfläche mit durchschnittlich 4 % Bedeckungsgrad stärker vertreten als innerhalb der Agroforstfläche, wo sie im Mittel eine Deckung von 1 % einnahmen.

Auf dem GBH werden die Getreidebestände im Allgemeinen eher als zu rein empfunden und die Begleitflora in ihren anzutreffenden Bedeckungsgraden nicht als problematisch erachtet. Beikräuter können zwar temporär und lokal begrenzt in höheren Deckungen vorkommen. Durch die 8-gliedrige Fruchtfolge mit Sommer- und Winterungen sowie insbesondere durch das 2-jährige Luzernegras, wird die Begleitflora jedoch ausreichend kontrolliert (SCHULZ 2022).

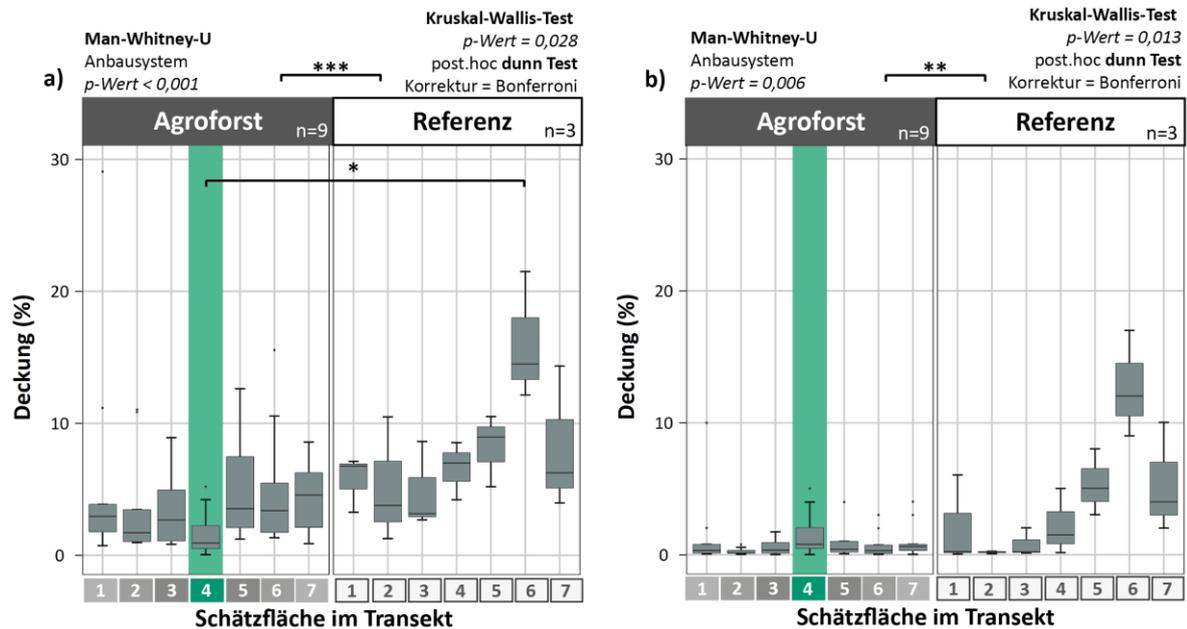


Abb. 4.6-27 Akkumulierte Deckung der Begleitflora mit Schadpotenzial auf dem Gladbacherhof: **a)** Überregionale Artenauswahl, **b)** ortsspezifische Artenauswahl

5. DISKUSSION

5.1 Methodendiskussion

Der **Transektaufbau** erwies sich als geeignet für die Anwendung in unterschiedlich gestalteten silvoarablen AFS. Für AFS mit einer geringeren Baumstreifenbreite als 3 m und/oder einer geringeren Ackerstreifenbreite von 18 m, sind schmalere Schätzflächen notwendig, um ebenfalls 7 Schätzflächen in einem Transekt platzieren zu können. Beim Vergleich von Untersuchungsergebnissen aus mehreren AFS mit unterschiedlicher Ackerstreifenbreite ist zu beachten, dass sich die Abstände zwischen den Schätzflächen in und um den Baumstreifen (3,4,5) zu den Schätzflächen in der Ackerstreifenmitte (1,7) sowie im Ackerstreifenviertel (2,6) relativ nach den Maßen des AFS richten und nicht nach den absoluten, d.h. für jedes AFS gleichbleibenden Abständen entsprechen. Demnach kann der konzipierte Transektaufbau zwar die relativen Abstände vom Baumstreifen bis in die Ackermittle hinein repräsentieren. Für einen genauen Vergleich vorgefundener Gradienten unterschiedlich gestalteter AFS wären absolute statt relativer Abstände zwischen allen Schätzflächen allerdings präziser. Sollten die Monitoringprogramme zukünftig vergleichende Untersuchungen verschieden skaliert AFS und hier vorgefundener Gradienten anstreben, wäre ein Transektaufbau mit gleichbleibenden Schätzflächen-Abständen unabhängig der AFS-Maße methodisch zu bevorzugen. Zudem könnten zwecks einer detaillierten Gradientenuntersuchung angrenzend an Schätzfläche 3 und 5 in absoluten Abständen weitere Schätzflächen positioniert werden, sobald graduelle Effekte der Baumstreifen auf die angrenzenden Ackerstreifen erwartet werden. Ein erfolgreicher Vergleich verschiedener AFS ist aufgrund von standörtlichen Variabilitäten sowie dem oftmals komplexen und verschiedengestaltigen Aufbau von AFS an eine ausreichende Stichprobenanzahl untersuchter Systeme gebunden.

Das idealtypische einem silvoarablen AFS zugehörige **Referenzsystem** gleicht dem AFS in allen Standorteigenschaften sowie im ackerbaulichen Management und unterscheidet sich lediglich durch das Fehlen von Gehölzstrukturen. Um davon ausgehen zu können, dass das Referenzsystem geologisch und bodenkundlich einer zumindest ähnlichen Genese entstammt und auch heute noch denselben umgebungsbedingten Einflussfaktoren (z.B. Diasporenanflug) ausgesetzt ist, sollte es im gleichen Landschaftskontext wie das AFS liegen. Gleichzeitig sollte die Referenzfläche von der Agroforstfläche selbst unbeeinflusst sein (GOSME et al. 2016). Diese Beschreibung lässt vermuten, dass eine idealtypische Referenzfläche in der Praxis kaum zu finden ist. Das REF des GBH unterschied sich durch seine Kuppenlage standörtlich vom hanglagigen AFS. Auch war die Vergleichbarkeit der Getreidebestände durch den Anbau von Winterweizen (*Triticum aestivum*) im AFS und Dinkel (*Triticum aestivum* subsp. *spelta*) im REF eingeschränkt. Zwar sind Weizen und Dinkel eng verwandt. Da Dinkel jedoch durchschnittlich höherwüchsiger ist, stand der Begleitflora am Boden im REF weniger Licht als im niederwüchsigeren Weizenbestand der Agroforst-Ackerstreifen zur Verfügung. Dass sich der Dinkel im REF zum Zeitpunkt der Aufnahmen in einem fortgeschrittenerem BBCH-Stadium befand, verstärkte diesen Eindruck. Auch im Boden pH-Wert unterschieden sich AFS und REF auf dem Gladbacherhof. Inwiefern durch diese Unterschiede das in Abschnitt 4.1.2 beschriebene unterschiedliche Artenspektrum der Begleitflora in AFS und REF begründet lag, ist durch die vorliegenden Untersuchungen nicht abschließend zu klären.

Um **Randeffekte** zu vermeiden, wurden die Transekte zentral innerhalb der AFS platziert. GEROWITT & HOFMEIJER (2018) empfahlen für Erhebungen der Begleitflora auf dem Acker einen Mindestabstand von 10 m zum Ackerrand. Aufgrund der schmalen Ackerbreite des REF auf dem GBH konnte hier nur ein Abstand von 7 m zum Ackerrand eingehalten werden. Auf HGM lagen die Referenz-Transekte zwar zentral innerhalb der Ackerfläche, allerdings in unmittelbarer Nähe zu den Agroforst-Transekten und in einem Abstand von nur 27 m zum nächsten Agroforst-Baumstreifen. Je älter und größer die Gehölze in den Agroforst-Baumstreifen, desto weiter reicht ihr Einfluss in die umliegenden Ackerflächen hinein. Da es für Alley Cropping Systeme mittleren Alters in Mitteleuropa kaum Praxisbeispiele gibt, die

Forschung aber schon heute versucht, Aussagen über die zukünftigen Einflüsse älterer Agroforst-Bäume zu treffen, werden Feldrandbäume in der Forschung als Proxy herangezogen. Für hoch aufgeastete Feldrandbäume mittleren Alters (15-47 Jahre) konnten PARDON et al. (2017) nachweisen, dass ihr Wirkungsradius auf den Kohlen- und Nährstoffhaushalt bis zu 30 m ins Feld hineinreicht. Demnach lägen sowohl auf dem HGM als auch dem GBH die Referenzsysteme langfristig zu nah an den AFS, als dass eine Beeinflussung durch die Gehölzstrukturen ausgeschlossen werden könnte (BOINOT et al. 2022). Bei aller Schwierigkeit, die idealtypische Referenz im räumlichen Kontext auszumachen, bietet ein langfristig ausgelegtes Monitoring den Vorteil der zeitlichen Referenz. Über den Vergleich mit vorangegangenen und folgenden Aufnahmen können mit der Zeit erkennbar werdende Baumstreifen-Einflüsse auf die Ackerfläche auch ohne räumliche Referenzfläche untersucht werden.

Bei der **visuellen Schätzung** von **Bedeckungsgraden** kann es zu Schätzfehlern kommen. Zudem ist Subjektivität bei pflanzensoziologischen Aufnahmen nicht vollständig ausschließbar. Während alle Erhebungen dieser Arbeit von den gleichbleibenden zwei Personen durchgeführt wurden, können Schätzungen durch andere oder auch dieselben Personen mit zeitlichem Abstand in den Folgejahren vom Schätzverhalten voriger Erhebungsjahre abweichen. Empfehlenswert ist daher die wiederkehrende Orientierung an Hilfstafeln zur Schätzung von Deckungsgraden.

Die Bestände der Begleitflora verändern sich im Laufe der Vegetationsperiode vom Frühjahr bis zum Herbst und über die Jahre mit den wechselnden Kulturen der Fruchtfolge. Die durchgeführten Vegetationserhebungen entsprechen daher nur einer **Momentaufnahme**. Stehen für eine Untersuchung mehr Mittel zur Verfügung, empfiehlt sich eine zweite Kartierung im August, um auch späte Begleitflora-Arten (MAGURRAN & MCGILL 2010:21, BÄRWOLFF et al. 2012) sowie sich im Laufe der Vegetationsperiode verändernde Deckungsverhältnisse einzufangen (HOFMEISTER & GARVE 1986:135, ADEUX et al. 2019).

Die Datenerhebungen waren auf dem GBH, wo verschiedene Baumstreifentypen untersucht wurden, mit insgesamt 12 Transekten umfangreicher gegenüber jenen auf dem HGM mit 7 Transekten. Auf beiden Höfen wurden innerhalb der REF weniger Transekte untersucht als in den AFS. **Finanzielle, räumliche** und **logistische Beschränkungen** erfordern grundsätzlich Kompromisse beim Versuchsdesign von Studien (MAGURRAN & MCGILL 2010:11, DORMANN 2013:237). So wäre für eine Vergleichbarkeit der Erhebungen eine jeweils gleichhohe Transektanzahl in beiden Anbausystemen (AFS und REF) ideal gewesen. In den Referenzflächen die gleiche Transektanzahl wie in den Agroforstflächen zu kartieren, wäre allerdings mit einem hohen Aufwand verbunden und aufgrund der relativen Homogenität der Referenz nicht begründet gewesen. Der Transektaufbau und die Größe der je System insgesamt kartierten Fläche stütze sich auf die Theorie des Minimumareals. Diese geht davon aus, dass für jede Vegetationseinheit ab einer gewissen Größe der Untersuchungsfläche (dem Minimumareal) eine Sättigung der Artenanzahl-Kurve eintritt (ELLENBERG 1956 in SHARAF 2018, GLAVAC 1996:82). Demnach dürften bei Überschreitung des Minimumareals beim Kartieren kaum bis keine neuen Arten mehr hinzukommen. Die im Rahmen dieser Arbeit kartierte Fläche entsprach sowohl innerhalb der Agroforst- als auch der Referenzfläche einem Vielfachen des empfohlenen Minimumareals (vgl. **3.2**) (HOFMEIJER et al. 2021). Eine idealtypische Sättigung, wie sie die Minimumareal-Theorie vorgibt, wird von DENGLER (2003:69) allerdings in Frage gestellt. Ihm zufolge sind bei Vegetationserhebungen mit jeder weiteren Fläche, die kartiert wird, auch potenziell weitere Arten zu finden. Beim Vergleich der Artenanzahl zwischen Agroforst- und Referenzfläche ist demnach zu berücksichtigen, dass die Chancen in den AFS mehr Arten vorzufinden höher lagen, da hier mehr Schätzflächen kartiert wurden. Die Kritik am Minimumareal scheint insbesondere in artenarmen Lebensräumen wie Ackerflächen begründet, da hier schon ein einzelner Artenfund eine anteilmäßig größere Bedeutung einnimmt.

5.2 Pflanzensoziologische Einordnung

Die **pflanzensoziologische Klassifizierung** nach OBERDORFER (1992) entspricht einem relativ starren Ordnungssystem, das sich nur schwer auf stark intensivierte Ackerlebensräume, heute üblicherweise artenverarmte Beikrautbestände und künstliche Ansaaten anwenden lässt. Wie die Beschreibung der Begleitflora auf beiden Höfen im Abschnitt 4.1 offenlegt, konnte die vorgefundene Vegetation meist nur höheren Klassifikationsebenen wie Ordnungen zugeteilt werden. Auf dem GBH waren die vorgefundenen Pflanzenbestände zudem teils als Fragmentgesellschaften klassifizierbar. Für die Bestände der im Vergleich artenärmeren Ackerflächen des HGM war dies hingegen nicht möglich.

Auf dem **Hof Garvsmühlen** wurden die Ackerflächen von Arten der Klasse **Chenopodietea** dominiert. Diese waren aber auch in den Baumstreifen vorzufinden. *Chenopodietea*-Arten produzieren ausgleichend zu ihrer Konkurrenzschwäche eine enorme Diasporenanzahl. Auf Ackerstandorten, die durch regelmäßige Bodenbearbeitung und Erntegänge gestört werden, keimen sie periodisch neu aus. Die meisten Ackerwildkräuter besitzen zudem eine lange Keimfähigkeit, die ihnen das Überdauern in der Diasporenbank des Bodens über lange Zeiträume erlaubt (OBERDORFER 1992:48). So kann ein Individuum von *Capsella bursa-pastoris* bis zu 60.000 Samen pro Jahr produzieren, die geschützt im Boden wiederum bis zu 35 Jahre keimfähig bleiben (HOFMEISTER & GARVE 1986:130). Da *Chenopodietea*-Gesellschaften demnach an Störstandorte angepasst sind, werden sie bereits im zweiten oder dritten Jahr von ausdauernden, häufig den Klassen *Artemisietea vulgaris* und *Agropyreteea intermedii-repentis* zugehörigen Arten überwachsen, sofern ihre Wuchsorte nicht immer wieder offen gehalten werden (OBERDORFER 1992:63). Dies lässt sich auch in **mehnjährigen Blühstreifen** beobachten (HABER 2014:174). Während diese im ersten Jahr häufig von einjährigen Arten dominiert werden, sind in den Folgejahren vorrangig mehrjährige vorzufinden. Teile der Blühstreifen-Ansaat auf dem HGM konnten der Ordnung **Onopordetalia acanthii** zugeordnet werden (OBERDORFER 2001). Diese der Unterklasse *Artemisiana vulgaris* zugehörige Ordnung wird OBERDORFER (1992:241) zufolge durch wärmebedürftige und trockenheitsverträgliche zweijährige Ruderalfluren charakterisiert. Als weitere der Ordnung *Onopordetalia acanthii* zugehörige Arten waren der einjährige *Melilotus albus*, zweijährige *Echium vulgare* und die mehrjährige *Malva moschata* zwar Teil der Blühstreifen-Ansaat (vgl. **Tab. 8-13** im Anhang), wurden zum Zeitpunkt der Erhebungen allerdings nicht in den Blühstreifen kartiert. Die Einbettung der vorliegenden Arbeit in das Agroforst-Monitoring Projekt ermöglicht eine fortlaufende und umfassendere Untersuchung der Begleitflorabestände und ihrer Entwicklung im Laufe der kommenden Jahre.

Die Beikrautbestände auf dem **Gladbacherhof** konnten zum Teil als Fragmente klassischer Pflanzengesellschaften nach OBERDORFER (1992) angesprochen werden (vgl. 4.1.2). Darüber hinaus war jedoch auch für den GBH, trotz der umfangreichen Datenerhebung, keine genauere Klassifizierung entsprechend des Systems nach OBERDORFER (1992) möglich. Die Gründe hierfür können vielfältig sein. Die Aufnahmen waren zum Zeitpunkt der Erhebungen zwar sehr umfangreich, stellten allerdings wie in der Methodendiskussion bereits erläutert eine Momentaufnahme dar (vgl. 5.1). HOFMEIJER et al. (2021) fanden heraus, dass die zuvor und aktuell angebaute Kultur starken Einfluss auf die Komposition der Begleitflorabestände nehmen. Viele Arten der Begleitflora sind mit bestimmten Kulturpflanzengruppen vergesellschaftet. So ist zum Beispiel *Fumaria officinalis*, welcher für eine Komplementierung des in den Agroforst-Ackerstreifen ersichtlichen **Fumario-Euphorbion**-Verbandes fehlte, an Hackfrüchte gebunden (DIEPENBROCK et al. 2016:104). Wären zum Erhebungszeitpunkt Kartoffeln angebaut worden, hätte sich vermutlich ein anderer Ausschnitt der standörtlichen Begleitflora gezeigt. Ein umfassendes Bild der Begleitflorabestände lässt sich demnach erst durch mehrjährige Kartierungen entlang der Fruchtfolge ableiten. Wie unter 4.1.2 beschrieben, kamen Arten aus dem Baumstreifen auf dem GBH vermehrt auch in den westlich des Baumstreifens angrenzenden Ackerstreifenrändern (Schätzfläche 3) vor. Dass diese Arten nicht im gleichen Maße auf der östlichen Seite des Baumstreifens (Schätzfläche 5) beobachtet wurden, ist vermutlich dadurch zu erklären, dass die Bodenbereitung und Aussaat westlich des Baumstreifens stellenweise unbeabsichtigt nicht ganz

bis an den Baumstreifenrand heran durchgeführt wurden. Hierdurch bedingt war der Weizenbestand stellenweise lichter, was das Aufkommen der Begleitflora in Baumstreifennähe ermöglichte (MINARCH 2022).

5.3 Biodiversität

Baumstreifen, Ackerstreifen und Referenzackerfläche

Bei Betrachtung der **totalen Beta-Diversität** (BDtotal) anhand des Jaccard-Ähnlichkeitsmaßes zeigten beide untersuchten AFS eine größere Varianz in den Vegetationsaufnahmen und damit gegenüber ihren Referenzen erhöhte floristische Heterogenität (vgl. 4.4.2). Auf dem Hof Garvsmühlen gingen mit der deutlich höheren **Artenanzahl** der Baumstreifenflora gegenüber den Ackerflächen auch höhere **Shannon-Werte** einher (vgl. 4.4.1). Die Vegetation war auf dem HGM im Baumstreifen demnach heterogener als im Ackerstreifen. Die durch die Klee gras-Ansaat geprägte Baumstreifen-Ansaat auf dem Gladbacherhof wies hingegen keine signifikant höheren Shannon-Indizes, d.h. keine erhöhte Heterogenität gegenüber den Ackerflächen auf. Die im Rahmen dieser Arbeit berechneten intermediären **Evenness-Werte** für den Baumstreifenunterwuchs beider AFS deuten auf die Dominanz einzelner Arten in Begleitung von mehreren weniger abundanten Arten hin. Ein solches Bild zeigten auch die vegetationskundlichen Untersuchungen, die BOINOT et al. (2019) im Baumstreifenunterwuchs silvoarabler AFS durchführte. Die große Streuung der Shannon- und Evenness-Werte der Acker-Schätzflächen ist auf ihre geringe Artenanzahl bei gleichzeitig wechselnden Dominanzverhältnissen zurückzuführen. Gleiche Tendenz zeigte sich auch in den Aufnahmen der Ackerbegleitflora in Energieholz-AFS durch RÖHRICHT et al. (2007).

Die Anzahl der **Wildkräuter**, d.h. nicht angesäeter Arten, war auf dem HGM im **Baumstreifen** gegenüber den Ackerflächen erhöht. Hingegen lag die Anzahl nicht angesäeter Arten im Baumstreifen auf dem GBH etwa auf gleichem Niveau wie jene der Ackerflächen. Dies kann u.a. an der verhältnismäßig höheren Lichtverfügbarkeit innerhalb der weniger deckungsstarken Blühstreifen auf dem HGM gelegen haben. Die Gesamtdeckung der Blühstreifen-Ansaat lag mit im Mittel 56 % deutlich niedriger als jene der Klee gras-Ansaat in den GBH-Baumstreifen mit durchschnittlich 98 %. Eine höhere Lichtverfügbarkeit am Boden ermöglicht auch konkurrenzschwächeren Beikräutern das Aufkommen. Die leicht höhere Wildkräuter-Artenanzahl in den HGM-Baumstreifen gibt zudem einen Hinweis darauf, dass die Diasporenbank mehr Arten beinhaltet als im verhältnismäßig dichteren Klee gras der HGM-Ackerstreifen aufkommen konnten. Auf dem GBH standen die Klee gras-Ansaat und begleitende konkurrenzstarke Arten (z.B. *Lolium multiflorum*) im Baumstreifen sehr dicht und wirkten beikrautunterdrückend. Letzteres erklärt auch das Fehlen insbesondere konkurrenzschwacher Beikräuter wie *Anagallis arvensis* oder *Aphanes arvensis* innerhalb in den GBH-Baumstreifen. Lediglich auf den relativ offenliegenden Baumscheiben waren jene Arten vorzufinden. Der Literatur ist zu entnehmen, dass sich der Bereich der Bäume in AFS aufgrund förderlicher mikroklimatischer und bodenkundlicher Standortfaktoren durch eine konzentrierte Biodiversität auszeichnet (UDAWATTA et al. 2019). Wie sich die Biodiversität im Bereich der **Baumscheiben** untersuchter AFS in den kommenden Jahren entwickeln wird, bleibt abzuwarten. Zum Zeitpunkt der Erhebungen lagen die Gehölzpflanzungen erst knapp ein Jahr zurück. Während mit der Pflanzung keimungsfördernde Bodenbewegungen einhergingen, wurden Beikräuter durch das Aufschwaden des Klee-Mulchs rund um die Baumscheiben zunächst unterdrückt. Insgesamt zeigte sich im Bereich der Baumscheiben - insbesondere rund um die zwecks Baumschutz umzäunten Werthölzer - zum Zeitpunkt der Erhebungen deutlich weniger Unterwuchs als im sonstigen Klee gras-Baumstreifen. Die Erhebungen fanden kurz vor der ersten Klee gras-Mahd im Untersuchungsjahr und somit mit mehreren Monaten Abstand zum vorangegangenen Mulchvorgang statt. So war das zuletzt aufgemulchte Material schon verrottet. Der zum Zeitpunkt der Erhebungen geringe Konkurrenzdruck in den Baumscheiben legt nahe, dass typische und eher konkurrenzschwache Ackerbeikräuter hier zur Blüte kommen konnten. Ob sich

im Bereich der Baumscheiben bei langfristig ausbleibender Bodenbewegung und zunehmenden Effekten der alternden Gehölze Konzentrationen erhöhter floristischer Diversität etablieren, stellt eine interessante Fragestellung für das Agroforst-Monitoring dar. Beim Vergleich der innerhalb der HGM-Klee-gras-Ackerstreifen kartierten Wildkräuter mit jenen der GBH-Klee-gras-Baumstreifen schnitt die Begleitflora auf dem GBH artenreicher (vgl. 4.4.1) und deckungsstärker (vgl. 4.6.1) ab. Verschiedene Faktoren, die auf den Artenreichtum und die Komposition der Begleitflora einer Klee-gras-Ansaat Einfluss nehmen können, werden ausführlicher in Abschnitt 5.5 diskutiert.

Ein signifikanter **Gradient** stetig steigenden Artenreichtums von der Ackerstreifenmitte bis zum Baumstreifen, konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht festgestellt werden. BOINOT et al. (2019) wiesen einen solchen positiven Effekt der Nähe zum Baumstreifen in konventionellen, nicht jedoch in ökologisch bewirtschafteten Alley Cropping Systemen (Wintergetreide in den Ackerstreifen) für hemerophobe Pflanzengesellschaften nach. Konstant blieb bei BOINOT et al. (2019) hingegen die Diversität agrotoleranter, also an die Bewirtschaftung angepasster Arten.

Einer der Gründe für die im Mittel doppelt so hohen Artenanzahlen der GBH-Getreideackerflächen gegenüber dem HGM-Klee-grasstreifen mag auch in der unterschiedlichen **Bewirtschaftungshistorie** der Standorte liegen. Während sich der HGM zum Zeitpunkt der Erhebungen im 2. Umstellungsjahr zum ökologischen Landbau befand und in den Jahren zuvor noch Herbizide und mineralische Düngemittel auf den Flächen ausgebracht wurden, wirtschaftete der GBH bereits im 40. Jahr nach Bioland-Richtlinien. Die Komposition der Begleitflora ist Ergebnis eines langen Entwicklungsprozesses und unterliegt stetigen Veränderungen (HOFMEISTER & GARVE 1986:135). Die Anzahl der Begleitflora-Arten steigt mit der Dauer der ökologischen Bewirtschaftung an. Der Literatur sind hierbei Durchschnittswerte von einer zusätzlichen Art in drei bis fünf Jahren zu entnehmen (GEROWITT & HOFMEIJER 2018, HOFMEIJER et al. 2021). Auch ALBRECHT (2005) zufolge steigt die Artenanzahl der Ackerwildkräuter mit einer Umstellung auf ökologischen Landbau. Demnach ist zu vermuten, dass sich die Begleitflora in den Ackerflächen im Laufe der Folgejahre unter ökologischer Bewirtschaftung diverser entwickeln wird. Eine Reversibilität der Artenverarmung von Ackerbiozöosen wird von HABER (2014:172) allerdings in Frage gestellt. Als Gründe hierfür sind neben der durch Herbizide und Düngemittel herbeigeführten Verarmung der Diasporenbanken, weitestgehend irreversible Prozesse wie Grundwasserabsenkungen, Bodenveränderungen und Nährstoffanreicherungen zu nennen (ALBRECHT 2003). ALBRECHT (2005) zufolge kann es jedoch besonders in der Anfangszeit des Umstellungsprozesses je nach angebauter Kultur zu einem starken Wachstum der Diasporenbank kommen. Dieses beschränkt sich jedoch vorwiegend auf jene Arten, die auf den Äckern noch verblieben sind. Das Potenzial von Ansaaten als Reaktion auf diesen Umstand wird unter 5.5 genauer diskutiert.

Auf eine **höhere Gesamtbiodiversität** von AFS gegenüber Reinkulturen weisen zahlreiche Studien hin (JOSE 2012, VARAH et al. 2013, TORRALBA et al. 2016, UDAWATTA et al. 2019). Die erhöhte Pflanzendiversität als Komponente der Biodiversität gilt als einer der Hauptgründe für die in AFS vorliegende höhere Gesamtbiodiversität im Vergleich zu landwirtschaftlichen Reinkulturen. In bisherigen Studien zur floristischen Biodiversität von AFS stand meist jedoch die geplante Diversität der kultivierten Pflanzenarten und weniger die Diversität der mit den Systemen assoziierten Begleitflora im Vordergrund (UDAWATTA et al. 2019, JOSE 2012). In AFS geht mit dem integrierten Anbau von Gehölzen eine Vervielfältigung mikroklimatischer Standortfaktoren und Steigerung räumlicher Heterogenität einher. Die erhöhte Vielfalt an Bodentemperatur-, Feuchtigkeits- und Windgeschwindigkeitswerten und eine damit breitere Spannbreite an Mikroklimata (SVOMA et al. 2016) lässt vermuten, dass AFS als Agrarökosysteme auch von einer höheren Diversität an Pflanzenarten besiedelt werden. Für die Biomasse, Abundanz und Biodiversität des Bodenmikrobioms, insbesondere das Reich der Pilze, genauer Arbuskuläre Mykorrhizapilze (AMP), ist diese Vermutung vielfach nachgewiesen – zum Beispiel durch BEUSCHEL et al. (2019) in silvoarablen AFS in Deutschland

oder LACOMBE et al. (2009) in Ostkanada. Auch BAINARD et al. (2011) schlossen aus ihrem Review, dass AMP in AFS in höherer Abundanz und Diversität auftreten. Über 90 % der Blütenpflanzen leben mit ihren Feinwurzeln in Symbiose mit Mykorrhizapilzen (AMELUNG et al. 2018:125). In Kulturböden stehen AMP mit vielen krautigen Pflanzen, darunter Arten der Ackerbegleitflora, in mutualistischen bis hin zu parasitären Beziehungen (BAINARD et al. 2011, AMELUNG et al. 2018:125). Auch viele der in AFS üblicherweise gepflanzten Baumarten gehen Symbiosen mit AMP (z.B. *Juglans* u. *Populus spec.*) ein. INGLEBY et al. (2007) konnten für den geschützten Anbau nachweisen, dass Bäume und landwirtschaftliche Kulturen die gleichen AMP-Spezies nutzen und leiteten hieraus die Vermutung ab, dass Bäume und Ackerkulturen auch im Freiland über ein gemeinsames Mycelnetzwerk verknüpft sind. Es ist erwiesen, dass sich die Kompositionen von AMP und Beikrautbeständen gegenseitig beeinflussen (JANSA et al. 2002, KLIRONOMOS 2003). Bisherige Studien weisen darauf hin, dass eine erhöhte Biodiversität von AMP mit einer in AFS üblicherweise erhöhten floristischen Diversität einhergeht (BAINARD et al. 2011). Innerhalb der floristischen Diversität wurde allerdings der Anteil der assoziierten Begleitflora zumeist nicht isoliert von der Diversität der Kulturpflanzen betrachtet, sondern vielmehr die floristische Gesamtbiodiversität untersucht. Forschung, welche die Diversität der Begleitflora in AFS isoliert in den Fokus nimmt, ist trotz ihrer Schlüsselposition für die Biodiversität des Agrarökosystems (MARSHALL et al. 2003, DIETZEL et al. 2019) bis dato unterrepräsentiert. Insbesondere für silvoarable AFS temperater Breiten sind Vegetationsstudien der Begleitflora bisher rar gesät (UNSELD et al. 2011, SHARAF 2018) und wurden vor allem in Frankreich durchgeführt (MEZIERE et al. 2016, BOINOT et al. 2019). Dies mag auch darin begründet liegen, dass die Agroforstwirtschaft als Landnutzungskonzept in Deutschland erst in den letzten Jahren zunehmend wiederentdeckt und in der Praxis etabliert wird. Aufgezeigte Studienergebnisse verdeutlichen die Komplexität, der auf die Begleitflora einwirkenden Faktoren am Beispiel Arbuskulärer Mykorrhizapilze, als nur eine von zahlreichen Bodenorganismengruppen. Das komplexe Zusammenspiel biotischer und abiotischer Faktoren, sowie dem Management in Agrarökosystemen ist oftmals standortspezifisch, sodass sich Studienergebnisse aus anderen Teilen der Welt kaum auf hiesige Bedingungen übertragen lassen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Forschung im Bereich der Agroforstwirtschaft hierzulande.

Die Biodiversität der Agroforstsysteme wird im Rahmen der naturschutzfachlichen Bewertung weitergehend diskutiert (vgl. 5.5).

Geplante Diversität der Baumstreifen und assoziierte Diversität der Begleitflora

Komplexere Wertholzsysteme, wie sie im Rahmen dieser Arbeit die Untersuchungsgebiete waren, sind mit Fokus auf ihre Begleitflora hierzulande bisher kaum untersucht worden (SHARAF 2018), sodass ein Vergleich mit anderen Studien nur eingeschränkt möglich ist. Für reine Energieholzstreifen, die in der deutschen Landwirtschaft schon etwas häufiger - insbesondere in Form von Kurzumtriebsplantagen (KUP) - Anwendung finden, liegen hingegen einzelne Ergebnisse vegetationskundlicher Untersuchungen vor (UNSELD et al. 2011, RÖHRICHT et al. 2007). Im Rahmen der eigenen Erhebungen wurden in beiden untersuchten AFS innerhalb der Baumstreifen durchschnittlich höhere Artenanzahlen als in den Ackerflächen kartiert. Die Artenanzahl der Gehölzstreifen auf dem GBH lagen in etwa gleichauf mit jenen, die RÖHRICHT et al. (2007) in Pappel- und Weide-Energieholzstreifen - allerdings 8 m breit - erfassten. Die Pflanzenartenanzahl der deutlich breiteren Energieholzstreifen lag innerhalb der Untersuchungen von RÖHRICHT et al. (2007 in UNSELD et al. 2011) auf gleichem Niveau wie jene junger Hecken. Während die Pflanzenartenanzahl von Energieholzstreifen bei durchschnittlich 21 lag, wurden im Heckensaum im Mittel 23 und im Heckenzentrum 17 Arten vorgefunden. RÖHRICHT et al. (2007) zufolge wirkt die Einrichtung von Energieholzstreifen gegenüber reinen Ackerflächen bezogen auf die Begleitflora diversitätserhöhend. Auf dem GBH zeigte sich in den komplexer aufgebauten Kombi-Streifen keine signifikant, jedoch tendenziell höhere Artenanzahlen der assoziierten Begleitflora im Vergleich mit den untersuchten simpler gestalteten Pappel-Energieholzstreifen und Apfel-Baumstreifen. Aufgrund der geringen Stichprobenanzahl der

Baumstreifen-Schätzflächen (nur 3 je Baumstreifentyp) und der allgemeinen Heterogenität der Agroforstfläche GBH (Topographie und Erosionsereignisse) ist diese Tendenz allerdings mit Vorsicht zu betrachten. Auch die im Rahmen der NMDS visualisierte Beta-Diversität (Bray-Curtis Distanzmatrix) wies auf relativ geringe Unterschiede in der Artenkomposition (Arteninventar und Deckungsverhältnisse) innerhalb der Baumstreifen-Aufnahmen hin (vgl. **Abb. 4.2-8 b**). Zudem ließen sich anhand der Beta-Diversitäts-Werte keine den Baumstreifentypen entsprechenden Gruppen (**Abb. 4.2-8 d**) oder Gradienten (**Abb. 4.4-22**) erkennen. Der Literatur hingegen ist zu entnehmen, dass mit einer höheren geplanten Biodiversität in AFS auch eine höhere assoziierte Biodiversität einhergeht (UDAWATTA et al. 2019) und zudem die Artenzusammensetzung und Struktur der Baumschicht die krautige Vegetationskomposition beeinflusst (ZACHARIAS 1990, SAGAR et al. 2008). Eine erneute Untersuchung der Unterschiede zwischen verschiedenen Baumstreifentypen (**Fragestellung IV**) wäre insbesondere in ein paar Jahren, wenn die Gehölze stärkere Effekte ausüben, interessant für das Monitoring.

5.4 Funktionelle Pflanzenmerkmale

Funktionelle Pflanzenmerkmale werden zunehmend in die Untersuchung von Beikrautbeständen einbezogen, um Prozesse, welche die Zusammensetzung und Entwicklung der Begleitflora beeinflussen, besser zu begreifen (BÄRBERI et al. 2018). Die Betrachtung funktioneller Pflanzenmerkmale erlaubt es gegenüber einer rein taxonomischen Betrachtung, Dynamiken und Konkurrenzverhältnisse innerhalb von Pflanzenbeständen nachzuvollziehen (ADEUX et al. 2019). Letztlich können sich aus der Betrachtung funktioneller Eigenschaften relevante Erkenntnisse für die Produktivität und Biodiversität eines Agrarökosystems ableiten. Die Zusammensetzung der Begleitflora ist abhängig von einer Vielzahl auf sie einwirkender abiotischer, biotischer und Management-Faktoren (GÖTZENBERGER et al. 2012). Auf Ackerlebensräumen bewirkt das Management regelmäßige Störungen, die abhängig der Häufigkeit und Intensität einen starken Einfluss auf die Ausprägung der Begleitflora nehmen. So übt der Einsatz von Herbiziden oder die mechanische Bodenbearbeitung eine starke Filterwirkung auf die Ackerwildflora aus (BOUTIN et al. 2014). Um an einem Standort zu überdauern, sich reproduzieren und ausbreiten zu können, muss sich eine Pflanze durch eine ausreichend auf den Standort abgestimmte Merkmals-Konstellation auszeichnen (BÄRBERI et al. 2018). Die Analyse der Lebensformen, Strategietypen und Ellenberg-Zeigerwerte verdeutlichte einige Unterschiede sowie auch Überschneidungen in den funktionellen Merkmalen der kartierten Begleitflora in den Baumstreifen und Ackerflächen. Folgend werden diese diskutiert.

Lebensform nach Raunkiær

Ein Großteil der in den **Ackerflächen** auf beiden Höfen kartierten Arten waren Therophyten. Diese sind besonders gut an Ackerstandorte und insbesondere Bodenbearbeitung angepasst (BOINOT et al. 2019). Sie durchlaufen eine schnelle Generationsfolge, können riesige Samenmengen produzieren und zeichnen sich durch ausgeklügelte anemo- und zoochore Verbreitungsmechanismen aus. Ihre Samenschalen sind besonders widerstandsfähig, was zu einer langen Keimfähigkeit führt (HOFMEISTER & GARVE 1986:130). Neben den Therophyten werden auch Geophyten durch Bodenbearbeitung gegenüber anderen Lebensformen, zum Beispiel Hemikryptophyten begünstigt (BOINOT et al. 2019). Die mehrjährigen Geophyten sind gegenüber Störungen aufgrund ihrer unterirdischen Wurzel-, Rhizom- und Zwiebelorgane widerstandsfähig (HOFMEISTER & GARVE 1986:130). Geophyten wie *Cirsium arvense* waren vor allem in den Getreidebeständen auf dem GBH zu finden, machten hier allerdings nur einen geringen Anteil an den erfassten Beikrautarten und Deckungen aus. HOFMEISTER & GARVE (1986:134) zufolge sind rund 80 % der Ackerbegleitflora-Arten Therophyten, 10 % Geophyten, 9 % Hemikryptophyten und weniger als 1 % Chamaephyten. Damit waren die Therophyten neben den Hemikryptophyten in den Aufnahmen leicht überrepräsentiert und die Geophyten insbesondere auf

dem HGM unterrepräsentiert. HOFMEISTER & GARVE (1986:133) zufolge waren Zwiebelgeophyten schon damals auf Äckern selten geworden. Begründbar ist dies durch ihre nicht ausreichende Widerstandsfähigkeit gegenüber intensiver Bodenbearbeitung mit dem Tiefenpflug. Während mit *Cirsium arvense* und *Convolvulus arvensis* 2 Wurzelgeophyten und *Equisetum arvense* ein Rhizomgeophyt kartiert wurde, waren Zwiebelgeophyten auf keinem der Höfe vertreten.

Die **Blühstreifen-Ansaat** auf dem HGM, in der mit Therophyten, Hemikryptophyten und Chamaephyten bis Hemikryptophyten Ein- und Mehrjährige vertreten waren, zeigte ein breiteres Spektrum an Lebensformen als die ausschließlich aus Hemikryptophyten bestehende **Kleegras-Ansaat** auf dem GBH. Hingegen war auf dem GBH innerhalb der Ackerflächen ein deutlich breiteres Spektrum an Lebensformen vorzufinden als innerhalb der HGM-Ackerflächen (vgl. **Abb. 4.3-9** u. **-10**). Die höhere Diversität der Begleitflora-Lebensformen geht mit einer vielfältigeren Gestaltung der Fruchtfolge einher. Eine höhere Diversität der Kulturartengruppen erfordert und fördert unterschiedliche Anpassungsformen der Begleitflora, die sich auch in unterschiedlichen Lebensformen widerspiegelt (DIEPENBROCK et al. 2016:104, GEROWITT & HOFMEIJER 2018). Auf dem GBH zeigten sich Unterschiede in den Lebensformtypen zwischen Baumstreifen und Ackerflächen zum Beispiel für die Gattung *Vicia*, deren Spezies vorwiegend den rankenden Therophyten (Tli) zugehörig sind. Diese fanden an den Getreidehalmen der AFS-Ackerstreifen und REF geeignete Rankhilfen, waren aber gegenüber den ausdauernden Hemikryptophyten, die den unterirdischen Wurzelraum und die oberirdische Deckung der Kleegras-Baumstreifen dominierten, nicht konkurrenzfähig. Hingegen war innerhalb der Baumstreifen mit *Clematis vitalba* die Lebensform der Phanerophytischen Liane, d.h. verholzende Lianen anwesend. Es ist zu vermuten, dass die Diasporen dieser für Waldlebensräume und Gebüsche typischen Art mit dem Gehölz-Pflanzgut oder den Mulch-Hackschnitzeln eingebracht wurde.

Strategietyp nach Grime

Auf dem HGM war die **Baumstreifen-Ansaat** (Blühstreifen) leicht konkurrenzstärker als die **Baumstreifen-Begleitflora** und ließ sich mittig zwischen Konkurrenz- und Ruderal-Strategen (CR) einordnen (vgl. **Abb. 4.3-11**). Auch für den GBH zeigte sich die stärkere Tendenz in Richtung C-Strategie der Baumstreifen-Ansaat (Kleegras) gegenüber der Wildkräuter und -gräser im Baumstreifen. Die Kleegras-Ansaat bestand hier zu 100 % aus C-Strategen. Die Baumstreifen-Vegetation auf dem GBH trat insgesamt deutlich konkurrenzstärker als jene des HGM auf (vgl. **Abb. 4.3-12**). Die Begleitflora in den Kleegras-Ackerstreifen des HGM war in ihren Strategietypen breiter zwischen Konkurrenz- und Ruderalstrategie angesiedelt. Dies deckt sich mit der Gesamtdeckung und Vegetationshöhe, welche in den HGM-Ackerstreifen durchschnittlich niedriger als in den GBH-Baumstreifen lag (vgl. **Tab. 4.4-9**). Im Kleegrasbestand des HGM erreichte mehr Licht den Boden, sodass auch konkurrenzschwächere Arten wie *Viola arvensis* zwischen der Ansaat vorkamen. Konkurrenzstarke Kleegras-Ansaaten mit einem hohem Deckungsverhältnis von annähernd 100 % gelten, insbesondere aufgrund darin enthaltener konkurrenzstarker Gräser, als stark beikrautunterdrückend (DAVIES et al. 1997, ALBRECHT 2005, BOINOT et al. 2019). DAVIES et al. (1997) zufolge führt die Kultivierung von konkurrenzstarken Gräsern als Teil der Fruchtfolge zu einer Reduktion der Diasporenbank von Beikräutern und -gräsern. Die beikrautunterdrückende Wirkung von Kleegras ist neben der Stickstofffixierung und Gründüngung einer der Hauptgründe für Kleegras-Ansaaten in AF-Baumstreifen. Insgesamt war die Begleitflora in den Kleegras-Baumstreifen des GBH artenreicher (vgl. **4.4.1**) und deckungsstärker (vgl. **4.6.1**) als innerhalb der Kleegras-Ackerstreifen des HGM. Das Begleitflora-Kultur-Verhältnis fiel innerhalb der Kleegras-Baumstreifen auf dem GBH mit 25,4 % deutlich höher aus als jenes in den Ackerstreifen auf dem HGM mit 4,6 %. Hierfür kann es zahlreiche Gründe gegeben haben. Die Unterschiede könnten zum Beispiel mit der bereits zuvor erwähnten unterschiedlichen Bewirtschaftungshistorie (GEROWITT & HOFMEIJER 2018, BOINOT et al. 2022), der Dominanz von konkurrenzstarkem *Lolium multiflorum* innerhalb der Kleegras-Ansaat des HGM (DAVIES et al. 1997, BOINOT et al. 2019), verschieden ausgeprägten Diasporenbänken oder Witterungsverhältnissen, insbesondere Trockenstressperioden

(YOUNIE et al. 2002), zusammenhängen. Auch ein unterschiedliches Klee-gras-Management, wie das Mulchen und Schwaden innerhalb der GBH-Baumstreifen gegenüber dem Ackerfutterbau mit einhergehendem Abtransport des geernteten Klee-grases auf dem HGM, können unterschiedliche Effekte auf die Begleitflora und Diasporenbank nehmen. Letztlich unterscheiden die beiden Untersuchungsgebiete viele Faktoren, welche eine Vergleichbarkeit stark einschränken.

Innerhalb der mit Wintergetreide bestellten **Ackerstreifen** des GBH dominierten C-R-Strategen im gewichteten Mittel. Dies deckt sich mit den Untersuchungen der Begleitflora in silvoarablen AFS durch BÄRBERI et al. (2018), welche eine Begünstigung von C-R-Strategen durch Bodenbearbeitung mit dem Pflug feststellten. Eine solche Begünstigung lässt sich damit erklären, dass C-R-Strategen einen Kompromiss aus Konkurrenz-kraft gegenüber gezüchteten Ackerkulturen und Anpassung an durch Bodenbearbeitung gestörte Standorte erfüllen (FREY & LÖSCH 2014:337).

Zeigerwerte nach Ellenberg

Während die gewichteten (quantitativen) Ellenberg-Zeigerwerte die Deckungsverhältnisse der Artengemeinschaft einbeziehen, beruhen die ungewichteten (qualitativen) Ellenberg-Zeigerwerte allein auf Präsenz-Absenz-Daten. Demnach geben die gewichteten Ellenberg-Zeigerwerte ein für den Moment genaueres Bild ab. Jedoch sind Beikrautbestände wie zuvor erwähnt sehr dynamisch und unterliegen stetigen Veränderungen (HOFMEISTER & GARVE 1986:135, GEROWITT & HOFMEIJER 2018, ADEUX et al. 2019), sodass wiederholte Erhebungen notwendig sind, um ein umfassendes Bild der Begleitflora eines Standorts zu erlangen. ELLENBERG et al. (2001:48) betonen, dass sich die Ellenberg-Zahlen auf ausgeglichene Pflanzenbestände beziehen, die Zeit hatten sich an ihre Umwelt anzupassen. Aufgrund der Dynamiken in Beikrautbeständen, die regelmäßig durch den Ackerbau gestört werden, können daher selbst die ungewichteten Mittelwerte nur als vage Tendenzen interpretiert werden. An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass das Heranziehen von Ellenberg-Zeigerwerten zwecks Erklärung von Vegetationsdaten und ihrer Variabilität als zirkelschlüssig kritisiert wird (BRUNBJERG et al. 2012, ZELENÝ & SCHAFFERS 2012). Die mittleren Ellenberg-Zahlen, welche aus den Vegetationsdaten errechnet werden, können diese nicht unabhängig erklären. So kann zum Beispiel eine Reaktionszahl Hinweise auf den pH-Wert des Bodens geben, kommt der unabhängigen Messung des pH-Werts allerdings nicht gleich (ZELENÝ & SCHAFFERS 2012). Dementsprechend wurden die Ellenberg-Zeigerwerte im Rahmen dieser Arbeit zur Beschreibung der Vegetation und ihrer Standortanpassung, nicht jedoch im Rahmen erklärender Statistik genutzt.

Mit zunehmender Distanz von den Baumstreifen fallende oder ansteigende Ellenberg-Zahlen, die auf dem baumstreifenbedingten Gradienten innerhalb der Ackerstreifen hingewiesen hätten, konnten im Rahmen der Erhebungen nicht festgestellt werden. Jedoch unterschieden sich die gemittelten Ellenberg-Zahlen zwischen Baum- und Ackerstreifen oftmals signifikant, was insbesondere durch die Baumstreifen-Ansaaten herbeigeführt wurde (vgl. **4.3.3** u. **Tab. 4.3-7**). Die Unterschiede der Zeigerwerte im Baumstreifen fielen auf dem HGM aufgrund der aus 40 Arten bestehenden Blühstreifenmischung zumeist deutlicher als auf dem GBH aus, wo im Baumstreifen eine Klee-gras-Mischung bestehend aus 4 Arten angesät wurde (vgl. **Tab. 3.3-3**, **Abb. 4.3-13** u. **-15**).

Die Unterschiede in den ungewichteten **Lichtzahlen** zwischen Ackerstreifen und Baumstreifen waren für den HGM gering. Gewichtet zeigten sich deutlich höhere Lichtzahlen in den Ackerstreifen, da *Hordeum vulgare* als Ausfallgetreide mit einem relativ hohen Deckungsanteil innerhalb der Begleitflora und einer Lichtzahl von 9 die Mittelwerte hob. Auf dem GBH geht die im Mittel höhere Konkurrenzstärke des Baumstreifenunterwuchses mit im Mittel höheren Lichtzahlen einher. Konkurrenz-Strategen wie jene im Baumstreifen-Klee-gras (z.B. *Trifolium pratense*, *Festuca pratensis*) und anteilig in der Baumstreifen-Begleitflora (z.B. *Tanacetum vulgare*, *Arctium lappa*) zeichnen sich durch deutlich höhere Lichtzahlen aus, als vorrangig in den Ackerstreifen kartierte

konkurrenzschwächere Ruderal-Strategen (z.B. *Aphanes arvensis*, *Anagallis arvensis*). Untersuchungen von RÖHRICHT et al. (2007) zufolge sollten mit zunehmender Verschattung durch die heranwachsenden Gehölzstreifen die mittleren Lichtwerte im Bereich der Baumstreifen im Laufe der Jahre sinken.

Die Zugehörigkeit einiger HGM-Blühstreifenarten zur wärmebedürftigen und trockenheitsvertragenden Ordnung *Onopordetalia acanthii* (OBERDORFER 1992:241) spiegelte sich auch in den signifikant höheren **Temperaturzahlen** und niedrigeren **Feuchtezahlen** der Baumstreifen gegenüber der AFS-Ackerstreifen bzw. der Referenzackerfläche wider. Auf dem GBH waren nur die quantitativen Temperaturzahlen im Baumstreifen signifikant höher als jene im Ackerstreifen. Dagegen war die stärkere Anpassung der Baumstreifenvegetation an Trockenheit hier deutlich anhand niedrigerer qualitativer und quantitativer Feuchtezahlen gegenüber den Ackerflächen ableitbar.

Der umgekehrte Trend der gewichteten und ungewichteten **Kontinentalitätszahl** auf dem GBH lässt sich durch die unterdurchschnittliche Kontinentalitätszahl des deckungsstarken *Trifolium pratense* erklären. Diese führte dazu, dass bei Gewichtung der Zeigerwerte nach Beikrautdeckung die mittlere Kontinentalitätszahl sank und im Baumstreifen geringer als im Ackerstreifen ausfiel.

Unterschiede in den **Reaktionszahlen** waren nur für die gewichteten Zeigerwerte auf dem GBH signifikant. Die ermittelten Reaktionswerte zeigten eine höhere Basizität in den Baumstreifen gegenüber der Referenzfläche. Dies deckt sich mit pH-Messungen durch HAAN (2022), die im AFS des GBH in Baum- und Ackerstreifen einen durchschnittlichen Boden pH-Wert von 7 und innerhalb der Referenzfläche von 6,6 ergaben. Auch RÖHRICHT et al. (2007) stellten in untersuchten Energieholzstreifen und Naturschutzhecken eine geringfügig erhöhte Basizität gegenüber benachbarten Ackerflächen fest.

Auf dem Hof Garvsmühlen lagen die ungewichteten **Nährstoffzahlen** im Baumstreifen - die Ansaaten ausgeschlossen - auf etwa gleichem Level wie im Ackerstreifen. Unter den Ackerwildkräutern wurden ausschließlich Arten nährstoffreicher Standorte kartiert, wie sie für gewöhnlich auf Ruderalstandorten (Klasse *Artemisietea vulgaris*), im Wirtschaftsgrünland (*Molinio-Arrhenatheretea*) oder in Halmfrucht- und Hackfruchtbeständen (Klasse *Secalietea* und *Chenopodietaea*) (vgl. 4.1) zu finden sind. Die Blühstreifen-Ansaat zeichnete sich im qualitativen Mittel durch signifikant niedrigere Nährstoffzahlen aus, da hier auch Spezies vertreten waren, die üblicherweise an nährstoffärmeren und oftmals artenreicheren Standorten vorkommen. Ein Vergleich der qualitativen mit den quantitativen Nährstoffzahlen zeigte, dass an nährstoffreichere Standorte angepasste Arten in der Deckung verhältnismäßig stärker vertreten waren als Arten mit niedrigeren Nährstoffwerten. Die Nährstoffverfügbarkeit an einem Standort ist ein entscheidender Filter für die Komposition vorkommender Arten (ALBRECHT 2005). Auf dem GBH fielen die ungewichteten Nährstoffzahlen im Baumstreifen geringfügig, aber nicht signifikant niedriger aus als jene innerhalb der Ackerflächen. Diese Tendenz deckt sich mit den bodenkundlichen Untersuchungen von HAAN (2022), welche im Baumstreifen einen geringeren mineralischen Stickstoffgehalt als im Acker feststellten. Dagegen zeigte die Auswertung der gewichteten Nährstoffzahlen ein umgekehrtes Bild. Während das Arteninventar im Baumstreifen qualitativ niedrigere Nährstoffzahlen als jene im Ackerstreifen aufwies, waren Arten mit höheren Nährstoffzahlen gegenüber jenen mit niedrigeren Nährstoffwerten im Baumstreifen deckungsstärker vertreten. Hierzu zählen zum Beispiel *Galium aparine*, *Lolium multiflorum*, *Arctium lappa* und *Taraxacum officinale* agg. Dies führte bei Gewichtung der Nährstoffzahlen zu einer Umkehrung des Trends zwischen Baum- und Ackerstreifen. Die Unterschiede in den Nährstoffzahlen zwischen Baumstreifen und Ackerflächen waren auf dem GBH insgesamt gering. Im Rahmen der Untersuchung von Energieholzstreifen, Naturschutzhecken und Äckern konnten RÖHRICHT et al. (2007) keine Unterschiede zwischen den quantitativen Nährstoffzahlen der Begleitflora feststellen.

5.5 Naturschutzfachlicher Wert für Bestäuberinsekten

Der Artenreichtum, die Vielfalt der Lebensformen und Blumenklassen - damit also die **funktionelle Diversität** - waren in beiden AFS durch den Baumstreifen gegenüber den Referenzen erhöht. Dies entspricht auch einer Vervielfältigung des Lebensraumangebots für die Diversität der Bestäuberinsekten (BENTRUP et al. 2019, UDAWATTA et al. 2019). Durch die Blühstreifen-Ansaat auf dem Hof Garvsmühlen waren die **Shannon-Indizes** im Baumstreifen gegenüber den Ackerflächen stark erhöht. Insgesamt lagen die **Evenness-Werte** in beiden untersuchten AFS durchschnittlich unter jenen natürlicher artenreicher (thermophiler) Gebüschgesellschaften, artenreicher Ackergesellschaften und Auenwälder (DIERSCHKE 1994), was für eine geringere Gleichverteilung der Arten auf die Gesamtdeckung verglichen mit diesen spricht. Teil der Blühstreifen-Ansaat im Baumstreifen des HGM waren auch unbeständige Pflanzenarten und solche, die bundesweit auf der Vorwarnliste (METZING et al. 2018), sowie in Mecklenburg-Vorpommern als gefährdet bis ausgestorben geführt werden (VOIGTLÄNDER & HENKER 2005). Hingegen waren in den Ackerflächen keine **seltene Arten** vorzufinden. Auf dem Gladbacherhof ergab sich ein umgekehrtes Bild. Während innerhalb der Klee gras-Ansaat im Baumstreifen kartierte Arten als ungefährdet gelten können (bis auf einzelne Funde von Ackerwildkräutern auf den Baumscheiben), waren die Ackerflächen naturschutzfachlich wertvoller. Hier wuchsen auch konkurrenzschwächere Arten, die auf der bundesweiten und bundeslandspezifischen Vorwarnliste Hessens geführt werden (vgl. **4.5.1**). RÖHRICHT et al. (2007) konnten trotz der diversitätsfördernden Wirkung untersuchter Energieholzstreifen keine direkte Förderung gefährdeter Arten innerhalb dieser feststellen. UNSELD et al. (2011) zufolge können jedoch vereinzelt auch seltene Arten, zum Beispiel das gefährdete Echte Tausendgüldenkraut (*Centaurea erythraea*) von regelmäßigen Erntegängen in Energieholzstreifen profitieren. Dieses kommt für gewöhnlich an wechselfrischen bis mäßig trockenen Waldrändern und -schlägen, Halbtrockenrasen und Magerrasen vor (JÄGER 2011:640). Ein reduzierter Blick auf seltene Arten ist in Anbetracht dessen, dass die Biodiversität von Agrarökosystemen auch eine Vielfalt und ausreichende Abundanz häufiger Pflanzenarten voraussetzt, für eine naturschutzfachliche Bewertung nicht ausreichend. Auch häufigere Arten sind für die Versorgung von Insekten, z.B. Wildbienen mit Nahrung, Baumaterialien und Nistplätzen (WESTRICH 2018:25), bedeutend. So ist *Cirsium arvensis* eine wichtige Futterpflanze für Wildbienenarten verschiedener Gattungen, z.B. *Halictus scabiosa* unter den Furchenbienen oder *Anthidium nanum* und *A. tenellum* unter den Wollbienen (WESTRICH 2018:330).

Auf dem HGM wurden mit *Phacelia tanacetifolia* und *Trifolium incarnatum* in den Baumstreifen, auf dem GBH mit *Silene conoidea* angrenzend an die Baumstreifen auch **Neophyten** kartiert. *P. tanacetifolia* und *T. incarnatum* sind Ergasiophytophyten, d.h. absichtlich eingeführte und kultivierte Arten, die unbeständig auch verwildert vorkommen (JÄGER 2011:399,729). Für *S. conoidea* hingegen ist ein unbeständiges Vorkommen auf Getreideäckern und eine Einbringung als Verunreinigung in *Trifolium resupinatum*-Ansaaten bekannt (DICKORÉ et al. 2009, MÜLLER et al. 2021). *S. conoidea* kann damit als Xenophyt, d.h. unbeabsichtigt eingebrachte Art eingestuft werden. Da *S. conoidea* in nur 2 Ackerstreifenrand-Schätzflächen in unmittelbarer Nähe der GBH-Baumstreifen, allerdings schon innerhalb der Ackerflächen kartiert wurde, ist das Vorkommen wahrscheinlich auf die Klee gras-Ansaat im Baumstreifen zurückzuführen. Eine unterstützte Einbürgerung von nicht heimischen Arten wird von UDAWATTA et al. (2019) als potenzieller Nachteil von AFS gesehen. Dies muss allerdings in den Kontext ackerbaulich genutzter Flächen gesetzt werden: Unter den Ackerwildkräutern gilt nur ein kleiner Teil als heimisch. Ein Großteil ist entweder vor 1492, d.h. vor Ende des Mittelalters (Archäophyten) oder danach (Neophyten) eingewandert (HOFMEISTER & GARVE 1986:128). Erst durch die versehentliche Einbürgerung von Archäophyten wie dem Gemeinen Ackerfrauenmantel (*Aphanes arvensis*), dem Sommer-Adonisröschen (*Adonis aestivalis*) oder Hederich (*Raphanus raphanistrum*) entwickelten sich in Mitteleuropa artenreiche, jedoch seit Beginn der landwirtschaftlichen Industrialisierung und Intensivierung schwindende Ackerbegleitfloren (HOFMEISTER & GARVE 1986:131). Auch mit Blick auf die Kulturpflanzen, sähen Landwirtschaft, angebaute Kulturen und letztlich Verspeistes sehr viel

eintöniger aus, wären z.B. Kartoffeln, Tomaten und Kürbisse nicht als Kulturen eingeführt worden. Nichtsdestotrotz kann eine Florenverfälschung der Ackerbegleitflora, d.h. Verdrängung heimischer, genotypisch an den Standort angepasster Arten bzw. Verminderung ihrer genetischen Diversität, negative Effekte auf die Agrarbiodiversität nehmen. Hierauf wird im Zuge der Diskussion von Blühstreifen-Ansaaten noch genauer eingegangen.

Wie die Beschreibung des Baumstreifenunterwuchses, pflanzensoziologische Klassifizierung und Betrachtung funktioneller Eigenschaften offenlegten, eigneten sich die Baumstreifen kaum für den **Ackerwildkrautschutz**. Viele der selteneren Arten sind als konkurrenzschwache Ruderal-Strategen von regelmäßigen, extensiven Bodenstörungen abhängig. Eine Bodenbearbeitung bleibt im Agroforst-Baumstreifen allerdings aus, was sich wiederum positiv für Bodenorganismen und hinsichtlich der Humusanreicherung und Kohlenstoffsequestrierung auswirkt (PARDON et al. 2017, BOINOT et al. 2019, UDAWATTA et al. 2019). HABER (2014:174) betonte, dass die Erhaltung der Ackerbiozöten an den Anbau von Getreide geknüpft, die Vielfalt der Ackerbiozöten jedoch durch Eutrophierung gefährdet ist (HABER 2014:171). Der Erhalt und die Förderung der Biodiversität der Ackerbegleitflora können demnach durch Extensivierung des Ackerbaus und je nach Zustand der Diasporenbänke durch ergänzende Wiederansaaten von Beikräutern und -gräsern erreicht werden (BOINOT et al. 2019). Durch Baumstreifen innerhalb einer Ackerfläche wird diese fragmentiert und zusätzliche Randbereiche werden im Übergang verschiedener Bewirtschaftungsformen geschaffen. In Ackerrandbereichen kommt es oftmals zu einer relativen Extensivierung gegenüber den Ackerzentren, was sich in einer höheren Biodiversität widerspiegelt. Baumstreifen, die sich durch AFS und damit durch die Landschaft ziehen, führen somit zu einer erhöhten Grenzliniendichte und Zunahme naturschutzfachlich meist höherwertiger Saumbiotope (Ökotone) (BÖHM & DOMIN 2020). Ein zum Baumstreifen hin extensiviertes, ackerbauliches Management konnte im Rahmen der eigenen Erhebungen auf dem GBH ansatzweise dort beobachtet werden, wo an die Baumstreifen unbeabsichtigt nicht komplett herangepflügt wurde und dementsprechend vermehrt Beikräuter und -gräser aufkamen. Wie sich die Saumbereiche der Baumstreifen in ihrer ökologischen Wertigkeit langfristig entwickeln werden, bleibt abzuwarten. Zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Ackerbegleitflora könnten in AF-Ackerstreifen wie auf gewöhnlichen Ackerflächen integriert werden. Als Argument für eine agroforstliche Nutzung wird zwar häufig die gegenüber Reinkulturen erhöhte Flächeneffizienz von AFS herangezogen (DUPRAZ & TALBOT 2012), jedoch könnten über Extensivierungsmaßnahmen in AFS-Ackerstreifen zusätzliche Nischen für selteneren, an eine Extensivlandwirtschaft angepasste Arten der Begleitflora geschaffen werden. Noch vorhandene Restpopulationen seltener Ackerwildkräuter könnten durch Ansaaten mit Herkunftsnachweis gestärkt werden (MEYER & LEUSCHNER 2015). Der Einsatz regionaltypischen Saatguts ist von Bedeutung, um eine Florenverfälschung zu vermeiden. Von verstärkten Schutzbemühungen für die Segetalflora würde auch die mit ihr assoziierte Fauna, darunter die Gruppe der Bestäuberinsekten profitieren. Die Förderung und der Erhalt der Bestäuberinsekten haben nicht zuletzt eine bedeutende ökonomische Tragweite, da die langfristige Produktivität und Rentabilität vieler landwirtschaftlicher Kulturen von den Bestäubungsleistungen der Insektenvielfalt abhängen (LAUTENBACH et al. 2012, GARIBALDI et al. 2013, POTTS et al. 2016, FISCHER-HÜFTLE 2018, UDAWATTA et al. 2019). Für den Erhalt und die Förderung einer vielfältigen Ackerwildflora, müssten aktuelle Förderprogramme ausgebaut werden, sodass die Umsetzung integrativer Naturschutzmaßnahmen für eine größere Zahl an LandwirtInnen attraktiv bzw. tragfähig würde (MEYER & LEUSCHNER 2015).

Losgelöst von der Diskussion um die Förderung einer artenreicheren Ackerbegleitflora in den AFS-Ackerstreifen können in den extensiv bewirtschafteten **Baumstreifen** eine Vielfalt an Pflanzenarten gefördert werden, die typischerweise im Grünland, in ausdauernden Ruderalgesellschaften und Ackerrandstreifen vorkommen. Mit einem erweiterten Spektrum vorkommender Pflanzenarten, erweitert sich auch das Artenspektrum der mit der Pflanzenwelt assoziierten Fauna. Zudem dienen die Baumstreifen als Biotopverbundelemente innerhalb der Ackerflächen (BENTRUP et al. 2019, BÖHM & DOMIN 2020). BOINOT et al. (2019) wiesen in silvoarablen AFS eine diversere Flora, mit einem hohen

Anteil an Pflanzenarten nach, die auf ackerbaulich genutzten Flächen im Allgemeinen nur selten anzutreffen sind. Die Unterwuchsvegetation von Agroforst-Baumstreifen lässt sich semi-natürlichen Habitaten, vergleichbar mit Felldrändern, zuordnen. Letztere sind ebenfalls nur in geringem Maße durch den Ackerbau gestört. Demnach können die Baumstreifen als Refugium für störungssensitive, hemerophobe Arten dienen (BOINOT et al. 2019). Auch andere Organismengruppen, darunter verschiedenste Bestäuberinsekten profitieren von solchen semi-natürlichen Bereichen als Nahrungsquelle sowie Reproduktions- oder Überwinterungshabitate. Neben der krautigen Vegetation spielen auch Gehölze in der Agrarlandschaft eine wichtige Rolle für die Bereitstellung dieser Ressourcen (DIETZEL et al. 2019).

In den **Baumstreifen** der AFS auf HGM und GBH wurden eine **Blühstreifen-** bzw. **Kleegras-**Mischung angesät. BOINOT et al. (2019) untersuchten sowohl AFS mit Baumstreifen-Ansaaten als auch solche, in denen ein Spontanaufwuchs der Begleitflora zugelassen wurde. In AFS mit Baumstreifen-Ansaaten, stellten sie eine Beikrautunterdrückung durch die Ansaaten fest. Dies deckt sich mit Untersuchungen der 1990er Jahre in britischen silvoarablen AFS (BURGESS 1999). Diese wiesen nach, dass ein Spontanaufwuchs im Falle von Gras-Ansaaten stark unterdrückt und der Baumstreifenunterwuchs von angesäten Gräsern dominiert wurde. Stattdessen etablierten sich im Falle der Baumstreifen-Selbstbegrünung einjährige Arten wie *Bromus sterilis*, *Alopecurus myosuroides*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis* und verschiedene Rispengräser (*Poa spec.*) sowie mehrjährige *Elymus repens*. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde oftmals die Baumstreifen-Begleitflora inklusive Ansaaten mit ausschließlich spontan in den Baumstreifen aufgewachsenen Beikräutern und -gräsern verglichen (z.B. **4.4.-21 u. -22**). Anhand der Exklusion der Ansaaten im Zuge der Auswertungen können allerdings nur begrenzt Ableitungen darüber getroffen werden, wie sich der Baumstreifenunterwuchs ohne Ansaat entwickelt hätte. So wären ohne die Ansaat konkurrenzstarker Arten, Nischen für Arten der standörtlichen Diasporenbank frei geblieben. Das BfN rät in AF-Baumstreifen, zunächst die Selbstbegrünung einer Untersaat vorzuziehen. Letztere wird nur dann angeraten, wenn eine Selbstbegrünung einen ertragsmindernden Besiedlungsdrucks durch konkurrenzstarke Pflanzenarten wie *Cirsium arvense* oder *Elymus repens* zur Folge hat (UNSELD et al. 2011). Als Pflege wird eine einschürige, zeitlich gestaffelte Mahd und ein dadurch stetiger Erhalt von Blüh- und Refugialflächen im AFS empfohlen. Durch einen Abtrag des Schnittguts kann verhindert werden, dass ein erneuter Pflanzenaufwuchs unterdrückt und z.B. bestehende Bienennester im Boden für heimkehrende Bienenweibchen verdeckt werden (WESTRICH 2018:29). Sofern sich die Selbstbegrünung für die Bewirtschaftung als nicht tragbar oder die Bodensamenbank als zu verarmt herausstellt, können Blühmischungen im Baumstreifen eine naturschutzfachlich hochwertige Alternative darstellen (KIENZLE et al. 1997, HABER 2014:174, FISCHER-HÜFTLE 2018, SHARAF 2018, RASKIN & OSBURN 2019, EHRITT 2020). BAUDE et al. (2016) verglichen die in Blühstreifen produzierte Nektarmenge mit verschiedenen in Großbritannien lokalisierten Natur- und Landschaftsräumen. Während Kalkmagerrasen, Laubwälder und extensive Mähwiesen das größte und diverseste Nektarangebot aufwiesen, war dieses auf Äckern am geringsten und einfältigsten ausgeprägt. Aufgrund ihrer größeren sonnenexponierten Fläche produzieren Landschaftselemente in linearer Gestalt, wie Blüh- und Baumstreifen mehr Nektar pro Fläche als nicht-lineare, z.B. inselartige Gehölzgruppen (BAUDE et al. 2016). Im Vergleich verschiedener Agrarumweltmaßnahmen, wiesen Blühmischungen den höchsten Nektarproduktivitätswert (244 kg Zucker/ha/Jahr) auf, gefolgt von ausgedehnten Grassäumen (167 kg/ha/Jahr) und Wildvogel-Samenmischungen (56 kg ha/Jahr). Hierbei reichten die Blühmischungen am nächsten an den Nektarproduktivitätswert einer durchschnittlichen Heckenreihe heran (342 kg Zucker/ha/Jahr). Eine genaue Berechnung der Nektarproduktivität der auf dem HGM angesäten Blühstreifen wurde in vorliegender Arbeit nicht angestellt, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sie das Nektar- und Pollenangebot des AFS gegenüber der REF erhöhten. Die Auswertung der Blumenklassen (vgl. **4.5.2**) zeigte, dass die Blühstreifen-Ansaat innerhalb der HGM-Baumstreifen das Spektrum der Blumenklassen ergänzend zu den Ackerflächen um Hummel-, Tag- und Nachtfalterblumen erweiterte. Besonders deckungsstark waren in der Ansaat Hymenopterenblumen und Blumen mit halbverborgenem Nektar vertreten. Letztere gelten als geeignet für Schwebfliegen, Bienen und Falter

(MÜLLER 1881). Die Klee gras-Ansaat innerhalb der GBH-Baumstreifen ergänzte zum Spektrum der Ackerbegleitflora keine weiteren Blumenklassen. Der deckungsstarke *Trifolium pratense* führte zu einer schwerpunktmäßigen Förderung von Hummeln in den Baumstreifen. Landwirtschaftliche und gärtnerische Zuchtformen sowie Neophyten in Blühstreifen-Ansaaten, wie sie auch Teil der HGM-Blühstreifen-Ansaat waren, werden von Seiten des Naturschutzes kritisiert, da sie zu einer Florenverfälschung führen können (FISCHER-HÜFTLE 2018, SHARAF 2018, DIETZEL et al. 2019). Gemäß §40 BNatSchG muss Saat- und Pflanzgut, welches in der freien Natur ausgebracht wird, seit 2020 autochthonen Herkünften entsprechen. Land- und forstwirtschaftliche Flächen sind grundsätzlich ebenfalls Teil der freien Natur, werden allerdings privilegiert behandelt, sodass landwirtschaftliche Blühstreifen von der Vorgabe befreit sind. Die Verwendung autochthonen bzw. regionaltypischen Saatguts wird von Seiten des Naturschutzes jedoch auch hier empfohlen¹⁴. Für den langfristigen Erhalt von Blühstreifen, müssen diese regelmäßig durch Nachsaaten erneuert und gepflegt werden (STROTDREES 1992). Die Erprobung von Blühstreifen in AFS ist eine relativ junge Erscheinung und das geeignete Management bedarf weiterer Untersuchungen (BÖHM & DOMIN 2020). Zu klären bleibt beispielsweise die Vereinbarkeit der nach einigen Jahren notwendig werdenden Blühstreifen-Erneuerung durch Neu- bzw. Nachsaaten (insbes. Vorbereitung des Saatbetts) mit dem Management der Gehölze (insbes. ihrem Wurzelraum). EHRITT (2020) zufolge ist die Anlage von Blühstreifen in AFS mit einem erhöhten Pflegeaufwand verbunden. Ein positiver Einfluss von Blühstreifen auf die faunistische Diversität, Bestäubungsleistung (DIETZEL et al. 2019) und die Begünstigung von Nützlingen sowie der natürlichen Schädlingskontrolle (WOODCOCK et al. 2016) gilt jedoch als vielfach belegt (HERZ et al. 2019). STATON et al. (2021) konnten in AFS nachweisen, dass eine Blühstreifen-Ansaat in Apfel-Baumstreifen natürliche Feinde förderte und die Blattlaus-Population reduzierte. In einer finanziellen Modellierung erwies sich ein blütenreicher Unterwuchs, der nur einmal pro Jahr gemäht wurde, gegenüber einem 5-mal pro Jahr gemähten, blütenarmen Unterwuchs als die ökonomisch sinnvollere Variante. Grund hierfür waren die eingesparten Mahdkosten und geringeren Blattlausschäden der in den Baumstreifen angebauten Äpfel. Mehrjährige Blühstreifen, die über den Winter stehen bleiben, können Insekten als Überwinterungs- und Reproduktionshabitate dienen (SHARAF 2018:91). DIETZEL et al. (2019) merkten jedoch an, dass die Bewirtschaftung angrenzender Flächen den ökologischen Wert von Blühstreifen mitbestimmen. So können sich Blühstreifen aufgrund von Pestizideinträgen im Extremfall zu ökologischen Fallen für Insekten und andere Artengruppen entwickeln. Auch BENTRUP et al. (2019) wiesen darauf hin, dass AF-Baumstreifen auf Landschaftsebene dem Verdrift und der Auswaschung von Pflanzenschutzmitteln entgegenwirken, sich aufgrund gleicher Mechanismen jedoch kleinräumig im Bereich der Baumstreifen für Insekten schädliche Stoffe akkumulieren. Derartig negative ökologische Effekte von Baum- und Blühstreifen auf die Insektenwelt lassen sich durch ein entsprechendes Management angrenzender Ackerflächen verhindern. Eine besondere Betrachtung im Rahmen der Förderung von Bestäuberinsekten durch den Baumstreifenunterwuchs bedürfen Spezialisten (DIETZEL et al. 2019). Während die Förderung von Generalisten durch Blühstreifen leichter zu erreichen ist, erfordert das Angebot an Nahrungs-, Reproduktions- und Überwinterungshabitat für Spezialisten ein differenzierteres Vorgehen bei der Auswahl der Blühmischung. Unter den Wildbienen sind 30 % der Arten oligolektisch, d.h. in ihrem Pollensammelverhalten auf eine bestimmte Pflanzenfamilie, Gattung oder sogar Art spezialisiert¹⁵. WESTRICH (2018:7) stellt einen gravierenden Mangel an Nahrungsquellen und Nistplätzen für hochspezialisierte Wildbienenarten in der Agrarlandschaft fest. Um eine Vielfalt an Spezialisten zu fördern, empfehlen sich regionaltypische Ansaaten, die verschiedenste Pflanzentaxa vereinen und über die Vegetationsperiode hinweg (insbes. Juni bis Oktober) ausreichend Trachtpflanzen bieten (SHARAF 2018:91, DIETZEL et al. 2019). Für Wildbienen im Allgemeinen ist eine mehrjährige Blühstreifen Standzeit von besonderer Bedeutung, da sie standorttreu sind (SHARAF 2018:91). Artenreiche Blühstreifen sind mit alternativen Managementformen des Baumstreifenunterwuchses wie beispielsweise einer Klee gras-Ansaat in

¹⁴ BfN 2021

¹⁵ Dws 2022

Hinblick auf den ökologischen, ökonomischen und sozialen Nutzen zu vergleichen. Letztlich bedarf die Entscheidung für ein geeignetes Baumstreifen-Management einer standortspezifischen Abwägung. Die Auswirkungen der Diversität der Nutzhölzer war nicht Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Jedoch ist bekannt, dass sich neben einer erhöhten Diversität des Baumstreifenunterwuchses auch eine größere Vielfalt an Gehölzen positiv auf die Bestäuber-Diversität auswirkt (UDAWATTA et al. 2019). Ebenso ist die Artengruppe der Bestäuberinsekten nur eine von vielen Artengruppen, die mit der Begleitflora der Agrarlandschaft assoziiert sind (MARSHALL et al. 2003) und von AFS profitieren können (UNSELD et al. 2011, TORRALBA et al. 2016, UDAWATTA et al. 2019).

Im Wesentlichen wird die naturschutzfachliche Wertigkeit von AFS von folgenden vier Faktoren bedingt: Standort, Gestaltung und Management sowie das Alter der AFS. Das Vorkommen einzelner gefährdeter Pflanzenarten ist vor allem auf sandigen Böden und trockenwarmen **Standorten** zu erwarten. Je nach Landschaftskontext und Arteninventar des Umlandes, angrenzenden Biotopstrukturen und Vernetzungselementen können sich Arten auch im AFS ansiedeln. Schon bei der planerischen **Gestaltung** eines AFS kann über die Vielfalt an Nutzhölzern, ihrem Zielalter und die Gestaltung des Baumstreifenunterwuchses auf die naturschutzfachliche Wertigkeit eingewirkt und die begleitende floristische und faunistische Biodiversität gefördert werden. Eine Multi-Spezies-Ansatz bei der Planung der Gehölzstrukturen erhöht die Heterogenität, was wiederum eine größere Spannweite an Boden-Pflanzen-Gemeinschaften begünstigt (UDAWATTA et al. 2019, VARAH et al. 2020). Insbesondere über die Intensität des **Managements** (z.B. Düngung, PSM, Bodenbearbeitung) kann die naturschutzfachliche Wertigkeit von AFS und die Biodiversität ihrer Begleitflora und assoziierten Fauna beeinflusst werden (JOSE 2012, BOINOT et al. 2022). Heute unterliegen innerhalb der EU zahlreiche Gebiete, in denen historische, extensiv bewirtschaftete AFS die Landnutzung seit langer Zeit bestimmen, dem Natura 2000-Schutzstatus. Sie werden regelmäßig als Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert erfasst (TORRALBA et al. 2016). Da der ökologische Wert von Bäumen und Sträuchern mit der Zeit i.d.R. zunimmt, ist auch das **Alter** von AFS für ihren naturschutzfachlichen Wert maßgeblich (STAMPS 1998). So sind mögliche Untersuchungen und Aussagen zur Wertigkeit moderner silvoarabler AFS in Deutschland derzeit weitestgehend auf den Ausschnitt der ersten Bewirtschaftungsjahre beschränkt und die Untersuchung älterer, vermutlich wertvollerer Systeme wird erst in einigen Dekaden möglich sein (BOINOT et al. 2022).

5.6 Begleitflora mit wirtschaftlichem Schadpotenzial

Für die **Ackerstreifen** beider AFS konnte kein signifikant erhöhtes Aufkommen der Begleitflora gegenüber den **Referenzflächen** festgestellt werden. Im Gegenteil zeigten sich für den Gladbacherhof höhere Bedeckungsgrade innerhalb des Referenzackerschlags. Diese sind wahrscheinlich auf die innerhalb der Methodendiskussion (vgl. 5.1) bereits eingegangene eingeschränkte Eignung als Referenz zurückzuführen. Innerhalb der Referenzfläche nahm nicht nur die Begleitflora verglichen mit den AF-Ackerstreifen höhere Deckungsgrade ein, auch der Dinkel stand hier deckungsstärker als der im AFS angebaute Winterweizen. So unterschied sich das Begleitflora-Kultur-Verhältnis zwischen Agroforst- und Referenzackerflächen letztlich nur geringfügig (vgl. **Tab. 4.6-10**). In den Baumstreifen des Hofes Garvsmühlens gab das Begleitflora-Kultur-Verhältnis die Relation zwischen kultiviertem Blühstreifen und Ackerwildflora wieder. Das Begleitflora-Kultur-Verhältnis fiel in den Baumstreifen interessanterweise gleichhoch wie in den AF-Ackerstreifen aus. Dies könnte anhand der Nischentheorie nach HUTCHINSON (1957) so gedeutet werden, dass die Blühstreifen-Ansaat bestehend aus einer Vielzahl unterschiedlicher und z.T. gegenüber Ackerwildkräutern konkurrenzstärkerer Arten verschiedenste Nischen im Baumstreifen besetzten. Anhand dessen ließe sich erklären, warum die Ackerwildflora in den Blühstreifen bezogen auf die Deckungsverhältnisse ähnlich stark unterdrückt wurde wie innerhalb der Klee-gras-Ackerstreifen.

Der Vergleich der Ergebnisse aus einer Auswahl, der **ortsspezifisch** als am ehesten problematisch eingestuft Arten, mit einer umfangreicheren, **überregionalen Artenauswahl**, ergab ein teils gegensätzliches Bild (vgl. 4.6). Das Schadpotenzial einzelner Arten, d.h. ihr ertragsmindernder Einfluss, ist ein artspezifisches Produkt aus Konkurrenzstärke, Deckung im Bestand und Kontrollierbarkeit durch das ackerbauliche Management (GEROWITT & HEITEFUSS 1990, MARSHALL et al. 2003, ALBRECHT 2005, HOFMEIJER et al. 2017). Eine ortsspezifische Einschätzung des Schadpotenzials kann auch durch Abwägungen zwischen ökologischem Nutzen und ökonomischem Schaden beeinflusst werden. Zahlreiche auf eine lokale Auswahl an Schadbeikräutern und -gräsern einwirkende Faktoren variieren damit je nach Betriebskontext und -zielen. Letztlich ist eine ortsspezifische Beurteilung entsprechend der örtlichen Begleitflorabestände gegenüber einer überregionalen Artenauswahl für den einzelnen Standort aussagekräftiger (HOFMEISTER & GARVE 1986:135). Weder auf die Gesamtheit der Begleitflora noch auf einzelne Arten bezogen, wurden in den beiden AFS problematische Beikrautdichten beobachtet. Im Gegenteil wurden die Bedeckungsgrade der Begleitflora auf dem HGM als erstaunlich gering empfunden (KOTZBAUER 2021b). Auch auf dem GBH wurden eher eine zu geringe Ausprägung und Vielfalt der Begleitflora als problematisch erachtet (SCHULZ 2022). Die von den BewirtschafterInnen des HGM als potenziell problematisch befundenen Arten waren annuelle (*Avena fatua*), bis einjährig überwinternde (*Bromus sterilis*, *Bromus tectorum*) und perennierende Gräser (*Lolium perenne*, *Poa trivialis*) sowie ein- bis zweijährige Ausfallfrüchte aus der Fruchtfolge (*Brassica napus*, *Hordeum vulgare*). Die seitens des GBH genannten sommerannualen (*Chenopodium album*, *Sinapis arvensis*), einjährig überwinternden (*Galium aparine*) und perennierenden Beikräuter (*Cirsium arvense*) werden gemäß ABRECHT (2005) und HOFMEIJER et al. (2021) durch eine ökologische Bewirtschaftung begünstigt. HOFMEIJER et al. (2017) kategorisierten die häufigsten Ackerbegleitarten entsprechend ihrer Erfolgsstrategien. Anhand von ExpertInnen-Interviews konnten sie aufzeigen, dass die sogenannten *Bodybuilder* und *Indestructibles* am problematischsten für die Bewirtschaftung erachtet werden. Die annualen *Bodybuilder* sind durch ihre Fähigkeit, schnell Biomasse aufzubauen, sehr konkurrenzstark. Hierzu gehören z.B. die Arten *Avena fatua*, *Chenopodium album* und *Sinapis arvensis*. Zu den perennierenden *Indestructibles* gehören Arten, die sich durch ein persistentes Wurzelsystem, hierdurch hohe Resilienz, erschwerte Kontrollierbarkeit und hohe Kompetitivität auszeichnen (z.B. *Cirsium arvense*). *Galium aparine* hingegen ist der Gruppe der annualen *Early Birds* zugehörig. Diese zeichnen sich durch einen raschen Aufwuchs im Frühling aus, aufgrund dessen sie mit aufkommenden Ackerkulturen früh in Konkurrenz treten.

Eine **Auswanderung** von Beikräutern und -gräsern aus dem **Baumstreifen in die Ackerstreifen** konnte nur an wenigen Stellen auf dem GBH beobachtet werden und war auf eine örtlich begrenzte nicht komplett bis an den Baumstreifenrand durchgeführte Bodenbearbeitung zurückzuführen (MINARCH 2022). Da das Klee gras allerdings erst im März 2020 angesät wurde, gab es vor den Erhebungen nur eine Vegetationsperiode, in der die Baumstreifen-Vegetation ausgesamt hat. Auf dem HGM wurden die Blühstreifen sogar erst im Herbst des Vorjahrs 2020 angesät und blühten im Zeitraum der Erhebung erstmalig. Wie sich die Begleitflora im Laufe der Folgejahre in den Baumstreifen-Saumbereichen entwickeln wird, ist Untersuchungsgegenstand des Agroforst-Monitorings. Für Ackerrandbiotop ist ein negativer Ertragseffekt auf angrenzende landwirtschaftliche Kulturen, z.T. bis zu mehrere Meter weit in den Acker herein, nachgewiesen (BOINOT et al. 2019). THEAKER et al. (1995) wiesen beispielsweise für *Bromus sterilis* nach, dass Randstreifen-Populationen, wie sie an Feldrändern oder in Baumstreifen vorkommen, als Hauptsamenquelle für eine stetige Wiederbesiedlung von Ackerflächen fungieren können. Die Ausbreitung von Beikräutern aus KUP-Streifen beschränkte sich im Rahmen mehrjähriger Untersuchungen von BÄRWOLFF et al. (2016:182) auf Distanzen von 1-2 m in den Ackerstreifen hinein. Abgesehen von *Galium aparine* mit einer Deckung von 24 und *Cirsium arvense* mit 7 % erreichte keine der vorkommenden Beikrautarten in 1,5 m Entfernung zum KUP-Streifen oder darüber hinaus wesentlich höhere Bedeckungsgrade als in der Ackerstreifenmitte (BÄRWOLFF et al. 2016). Auch BÖHM & DOMIN (2020) zufolge war der Beikrautdruck in konventionell bewirtschafteten AFS im Saumbereich der Gehölzstreifen gering. BOINOT et al. (2019) stellten fest, dass

sich abgesehen von perennierenden Arten mit Rhizomen oder Stolonen, deren vegetative Vermehrung durch Bodenbearbeitung gefördert wird, nur wenige Arten weit in den Ackerstreifen ausbreiten konnten. ALBRECHT (2005) merkte an, dass das Wachstum der Diasporenbank durch die aussamende Begleitflora meist überschätzt wird, da wiederum die Prädation von Beikrautsamen oftmals unterschätzt wird. Letztere kann in ökologisch bewirtschafteten Getreideäckern laut WESTERMAN et al. (2003) bis zu 70 % der abgeworfenen Samen umfassen. BOINOT et al. (2019) diskutierten sogar einen potenziellen Barriere-Effekt, den die meist dichte Baumstreifenflora auf die Ausbreitung der Ackerbegleitflora über verschiedene Ackerstreifen hinweg ausüben könnte. Dieser könnte einer erhöhten Beikrautdeckung in den Baumstreifen-Saumbereichen derart entgegenwirken, dass, auf Ebene des ganzen Bestandes betrachtet, letztlich keine erhöhten Beikrautdeckungen in AFS vorkämen.

Probleme mit zu hohen, ertragsmindernden Deckungsgraden einzelner Beikräuter und -gräser sind vor allem für artenverarmte Ackerbiozöosen und Beikrautbestände bekannt. In biodiverseren Begleitflora nehmen die einzelnen Arten in der Regel niedrigere Deckungen ein, was der dominanten, deckungsstarken Entwicklung einzelner Arten vorbeugt (HOFMEIJER et al. 2017, ADEUX et al. 2019, HOFMEIJER et al. 2021). Die funktionellen Eigenschaften der Beikräuter und -gräser sind mitbestimmend für ihre ökologische Nische (ADEUX et al. 2019). Eine höhere funktionelle Diversität der Begleitflora fördert eine komplementäre Ressourcennutzung und limitiert damit intensive Nischenüberlappung und daraus resultierende Konkurrenzverhältnisse zwischen der Ackerkultur und einzelnen wenigen Arten der Begleitflora. So führt eine **biodiversere Begleitflora** letztlich zu verringerten Ertragsverlusten. ADEUX et al. (2019) konnten eine geringere Gesamtbiomasse der Begleitflora zudem in Zusammenhang mit einer höheren Evenness, d.h. Gleichverteilung der Arten innerhalb der Begleitflora feststellen. Im Rahmen vorliegender Arbeit unterschieden sich lediglich die Apfel-, Pappel- und Referenz-Transekte des GBH signifikant in ihrer Evenness, wobei die Apfel-Transekte eine jeweils höhere Evenness einnahmen. Diese Unterschiede sind allerdings am ehesten durch die Heterogenität der untersuchten Flächen (Topographie und Bodenabtragsereignisse) erklärbar. HOFMEIJER et al. (2021) untersuchten im Rahmen des PROVIDA-Beikrautmonitorings (Kurzform für "*Crop diversification and weeds*"), das sich über 207 ökologisch bewirtschaftete Sommergetreideäcker im Ostseeraum erstreckte, verschiedene Faktoren, die auf die Beikrautdiversität und -dichten Einfluss nahmen. Hierbei fanden sie heraus, dass das Arteninventar und die Vielfalt der Begleitflora über die Kulturvielfalt und -diversifizierung beeinflusst wurden. Auf die Beikrautdichten hingegen nahmen Maßnahmen des direkten, d.h. kurzfristigen Anbaumanagements Einfluss. Zu letzteren zählte die aktuell angebaute Kultur und Sorte, die Vorfrucht sowie insbesondere die mechanische Beikrautregulierung. Auf die Begleitflora-Vielfalt hatte der Anbau von Winterzwischenfrüchten und Winterungen einen positiven Effekt. HOFMEIJER et al. (2021) begründeten dies damit, dass die bei Einsaat der Winterung/ Zwischenfrucht durchgeführte Bodenbearbeitung eine erneute Keimwelle von Ackerwildkräutern auslöste. HABER (2014:174) hingegen sah den Anbau von Winterungen in Verbindung mit dem Wegfall von Brachen als problematisch für viele Ackerwildkräuter, da Brachen für Ackerwildkräuter einen wichtigen Biotopaspekt darstellen, die es ihnen erlauben, noch spät zur Blüte und Samenreife zu kommen. Am Beispiel der Brachen und Zwischenkulturen zeigt sich, dass Naturschutzbeurteilungen für den Ackerbau teils widersprüchlich ausfallen und in artenschutzfachlichen Binnenkonflikten oder auch Interessenskonflikten zwischen Natur- und Umweltschutz münden können (HABER 2014:171). Während HABER (2014:170) eine hohe Gesamtdiversität der Fruchtfolge und damit einhergehende große Anzahl an Fruchtwechseln als nachteilig für die Begleitflora bewertet, konnten HOFMEIJER et al. (2021) keinen direkten Effekt der Gesamtdiversität der Fruchtfolge auf die Begleitflora-Vielfalt feststellen. HOFMEIJER et al. (2021) zufolge bedarf es weiterer Untersuchungen, um die Beeinflussung von Vielfalt und Dichten der Begleitflora durch das ackerbauliche Management besser zu verstehen. Dies gilt insbesondere für AFS, deren Begleitflora in den gemäßigten Breiten - insbesondere in Deutschland - bisher nur wenig erforscht wurde (UNSELD et al. 2011, SHARAF 2018, BOINOT et al. 2019).

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Vorliegende Arbeit zeigte, dass die floristische Diversität der Begleitflora untersuchter AFS durch ihre Baumstreifen gegenüber Reinkulturen erhöht war. Die erhöhte Diversität im Baumstreifenunterwuchs war durch hier vorkommende für gewöhnlich selten auf Äckern vorzufindende Pflanzenarten erklärbar. Diese waren oftmals perennierende Arten, die von einer ausbleibenden Bodenbearbeitung im Baumstreifen profitieren. Demnach können Dauerstrukturen, wie sie Baumstreifen in Ackerflächen darstellen, zusätzliche für Äcker untypische Nischen für Pflanzen und die mit ihnen assoziierte Tierwelt schaffen. Weniger Potenziale hingegen bieten die Baumstreifen für zunehmend seltene, oftmals konkurrenzschwache Arten der Ackerbegleitflora, da diese an eine periodische Bodenbearbeitung und einen extensivierten Ackerbau geknüpft sind (HOFMEISTER & GARVE 1986, HABER 2014). Für das Management des Baumstreifenunterwuchses finden sich in silvoarablen AFS zahlreiche Ansätze. Eine genauere Erforschung der Auswirkungen unterschiedlicher Managementstrategien mit Hinblick auf verschiedenste Ökosystemdienstleistungen werden von BOINOT et al. (2022) gefordert. Während eine initiale Selbstbegrünung des Baumstreifenunterwuchses naturschutzfachlich zu befürworten ist (UNSELD et al. 2011), können regionaltypische, mehrjährige Blühstreifen-Ansaaten im Falle ertragsmindernder Beikrautdichten Synergien zwischen Bewirtschaftung und Naturschutz schaffen (SHARAF 2018). Jedoch sind adäquate Förderprogramme und Beratung notwendig, um Hürden durch Mehrkosten und -aufwand bei der Integration von Biodiversitätsmaßnahmen in AFS für LandwirtInnen abzubauen⁴ (FISCHER-HÜFTLE 2018, DIETZEL et al. 2019, BÖHM & DOMIN 2020, HOFMEIJER et al. 2021). Die Biodiversität der Begleitflora hat für die Verminderung von beikrautbedingten Ertragsverlusten eine enorme Bedeutung (ADEUX et al. 2019, HOFMEIJER et al. 2021). Die Beziehung zwischen Begleitflora-Diversität und Ackerkultur-Produktivität ist Gegenstand aktueller Forschung. BÄRBERI et al. (2018) betonten, dass Wissenslücken bezüglich der Zusammenhänge zwischen Management, funktionellen Eigenschaften und Ökosystemdienstleistungen der Begleitflora eine genaue Adressierung erfordern. Die Herausforderung für das ackerbauliche Beikrautmanagement liegt darin, die Biodiversität der Begleitflora zu fördern und die Regulierung der Beikrautdichten auf konkurrenzstarke, ertragsmindernde Arten auszurichten (MARSHALL et al. 2003, ADEUX et al. 2019). Aufgrund sich regional unterscheidender Ackerkulturen und ihrer Vielfalt, betonen HOFMEIJER et al. (2021) hierbei die Bedeutung einer ortsspezifischen Managementausrichtung. Dies lässt sich auf AFS übertragen. Gemäß vieler Studien können AFS als Teil multifunktionaler Landschaften in den tropischen als auch gemäßigten Breiten eine tragende Rolle für den Biodiversitätserhalt spielen (UNSELD et al. 2011, JOSE 2012, TORRALBA et al. 2016, UDAWATTA et al. 2019). BOINOT et al. (2022) merken jedoch an, dass es für endgültige Schlussfolgerungen hinsichtlich der Biodiversitäts-Potenziale von mitteleuropäischen silvoarablen AFS noch zu früh sei. In der Praxis finden sich derzeit kaum ältere silvoarable Systeme, sodass sich bisherige Studien in ihrer Aussagekraft meist auf junge Altersstadien beschränken. Silvoarabler AFS ökologisch vermutlich wertvollerer, fortgeschrittenerer Altersstadien wurden in Mitteleuropa bisher kaum untersucht. Die langfristig ausgelegte wissenschaftliche Begleitung von AFS im Rahmen des Agroforst-Monitorings stellt eine Chance für Praxis und Forschung dar. Die Zusammenarbeit zwischen Bewirtschaftenden und Forschenden bietet die Möglichkeit, für Praxis und Theorie wertvolles Wissen zu generieren und im Rahmen der Bewirtschaftung anzuwenden. Vorliegende Erhebungen dienen als Null-Aufnahme des Begleitflora-Monitorings der Untersuchungsgebiete. Eine mehrjährige Ausrichtung von Untersuchungen der Begleitflora ist unter dem Gesichtspunkt ihrer dynamischen Entwicklung über die Vegetationsperiode und Fruchtfolge hinweg von enormer Bedeutung (ALBRECHT 2005, HOFMEISTER & GARVE 1986:135, ADEUX et al. 2019). Die Untersuchung direkter Einflüsse des Managements auf die Begleitflora hat hierbei einen besonders hohen Stellenwert.

⁴ DeFAF 2022

Einige zukünftige Forschungsfragen

- Welche Effekte nimmt die Begleitflora der Baumstreifen langfristig auf die Ackerflächen?
- Verstärken sich Randeffekte der Baumstreifen in den kommenden Jahren? Zeichnet sich eine zunehmende Artenanzahl und Deckung der Begleitflora im Baumstreifensaum ab?
- Wie entwickelt sich der Unterwuchs in den Baumstreifen und -scheiben in seinem Arteninventar und seiner Biodiversität?
- Wie entwickelt sich der naturschutzfachliche Wert der AFS mit der Zeit und welchen Einfluss kann hierbei das Management nehmen?
- Wie kann das Begleitflora-Management in AFS optimiert werden, sodass zum einen die Biodiversität der Begleitflora gefördert, zum anderen ertragsmindernde konkurrenzstarke Arten ausreichend reguliert werden?

7. QUELLENVERZEICHNIS

- ADEUX, G., VIEREN, E., CARLESI, S., BARBERI, P., MUNIER-JOLAIN, N. & CORDEAU, S. (2019). Mitigating crop yield losses through weed diversity. *Nature Sustainability*, 2(11), 1018-1026.
- ALBRECHT, H. (2003). Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 98(1-3), 201-211.
- ALBRECHT, H. (2005). Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Research*, 45(5), 339-350.
- AMELUNG, W., BLUME, H. P., FLEIGE, H., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K. & WILKE, B. M. (2018). Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. (17. Aufl.). Springer-Verlag.
- ARNDT, H. (2021). Schriftliche Mitteilung.
- BAINARD, L. D., KLIRONOMOS, J. N. & GORDON, A. M. (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi in tree-based intercropping systems: A review of their abundance and diversity. *Pedobiologia*, 54(2), 57-61.
- BAKKER, J. P., POSCHLOD, P., STRYKSTRA, R. J., BEKKER, R. M. & THOMPSON, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4), 461-490.
- BÀRBERI, P., BOCCI, G., CARLESI, S., ARMENGOT, L., BLANCO-MORENO, J. M. & SANS, F. X. (2018). Linking species traits to agroecosystem services: a functional analysis of weed communities. *Weed Research*, 58(2), 76-88.
- BÄRWOLFF, M., OSWALD, M. & BIERTÜMPFEL, A. (2012). Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis - Teilvorhaben 1, Standort Thüringen, Gesamtkoordination. Schlussbericht zum Vorhaben AgroForstEnergie.
- BÄRWOLFF, M., JUNG, L., HARZENDORF, D., PRÜFER, M. & MÜRTER, S. (2016). Verbundvorhaben: AgroForstEnergie II - Teilvorhaben 1: Ertragseffekte und Ökonomie. Schlussbericht zum Vorhaben Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen.
- BAUDE, M., KUNIN, W. E., BOATMAN, N. D., CONYERS, S., DAVIES, N., GILLESPIE, M. A., K., R. MORTON, D., SMART, S. M. & MEMMOTT, J. (2016). Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain. *Nature*, 530(7588), 85-88.
- BENTRUP, G., HOPWOOD, J., ADAMSON, N. L. & VAUGHAN, M. (2019). Temperate agroforestry systems and insect pollinators: A review. *Forests*, 10(11), 981.
- BERG, C. & MAGNES, M. (2019). Kurzanleitung für TURBOVEG 2.0 und JUICE 7.0 im Rahmen der Lehrveranstaltung „Auswertung und Analyse vegetationskundlicher Daten“, Version 2. 5, Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Graz.
- BEUSCHEL, R., PIEPHO, H. P., JOERGENSEN, R. G. & WACHENDORF, C. (2019). Similar spatial patterns of soil quality indicators in three poplar-based silvo-arable alley cropping systems in Germany. *Biology and Fertility of Soils*, 55(1), 1-14.
- BÖHM, C. & DOHMIN, T. (2020). Etablierung von Blühstreifen als Maßnahme zur weiteren Diversifizierung von Agroforstsystemen. Forschungsprojekt: Innovationsgruppe AUFWERTEN - Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie.
- BOINOT, S., FRIED, G., STORKEY, J., METCALFE, H., BARKAOU, K., LAURI, P. E. & MEZIERE, D. (2019). Alley cropping agroforestry systems: Reservoirs for weeds or refugia for plant diversity?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284, 1-13.

- BOINOT, S., BARKAOU, K., MÉZIÈRE, D., LAURI, P. E., SARTHOU, J. P. & ALIGNIER, A. (2022). Research on agroforestry systems and biodiversity conservation: what can we conclude so far and what should we improve?. *BMC Ecology and Evolution*, 22(1), 1-6.
- BORCARD, D., GILLET, F. & LEGENDRE, P. (2018). Spatial analysis of ecological data. In: Numerical ecology with R. *Springer, Cham*. 299-367.
- BOSSUYT, B. & HONNAY, O. (2008). Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science*, 19(6), 875-884.
- BOUTIN, C., STRANDBERG, B., CARPENTER, D., MATHIASSEN, S. K. & THOMAS, P. J. (2014). Herbicide impact on non-target plant reproduction: what are the toxicological and ecological implications?. *Environmental Pollution*, 185, 295-306.
- BRAY, J. R. & CURTIS, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 326-349.
- BRUNBJERG, A. K., EJRNÆS, R. & SVENNING, J. C. (2012). Species sorting dominates plant metacommunity structure in coastal dunes. *Acta Oecologica*, 39, 33-42.
- BURGESS, P. J. (1999). Effects of agroforestry on farm biodiversity in the UK. *Scottish Forestry*, 53(1), 24-27.
- CARSON, R. (1962). Silent Spring. *New Yorker*, 23.
- DAVIES, D. H. K., CHRISTAL, A., TALBOT, M., LAWSON, H. M. & WRIGHT, G. M. (1997). Changes in weed populations in the conversion of two arable farms to organic farming. Volume 3. In: *Proceedings 1997. Brighton Crop Protection Conference – Weeds*, Brighton, UK, 973–978.
- DICKORÉ, W. B., LEWEJOHANN, K. & URNER, R. (2009). Neufunde, Bestätigungen und Verluste in der Flora von Göttingen (Süd-Niedersachsen). *Florist. Rundbr.*, 42, 5-59.
- DIEPENBROCK, W., ELLMER, F. & LÉON, J. (2016). Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung: Grundwissen Bachelor. *UTB*.
- DIERSCHKE, H. (1994). Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden. *Eugen Ulmer, Stuttgart*, 683.
- DIETZEL, S., SAUTER, F., MOOSNER, M., FISCHER, C. & KOLLMANN, J. (2019). Blühstreifen und Blühflächen in der landwirtschaftlichen Praxis - eine naturschutzfachliche Evaluation. *Anliegen Nat*, 41, 73-86.
- DORMANN, C. F. (2013). Parametrische Statistik. (1. Aufl.). *Springer Berlin Heidelberg*.
- DUPRAZ, C., DUFOUR, L. & TALBOT, G. (2009). A field assessment of the actual final land equivalent ratio of a temperate agroforestry system. In : 2. *World Congress of Agroforestry. World Agroforestry Centre*.
- DUPRAZ, C., & TALBOT, G. (2012). Evidences and explanations for the unexpected high productivity of improved temperate agroforestry systems. In: *Proceedings of the 1st EURAF Conference, Brussels, Belgium*.
- DENGLER, J. (2003). Entwicklung und Bewertung neuer Ansätze in der Pflanzensoziologie unter besonderer Berücksichtigung der Vegetationsklassifikation. *Martina Galunder-Verlag, Nümbrecht*.
- EHRITT, J. (2020). Naturschutzfachliche Anforderungen an Agroforstsysteme. Forschungsprojekt: Innovationsgruppe AUFWERTEN - Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie.
- EISERT, J. (2021): Schriftliche Mitteilung.

- ELLENBERG, H. (1956). Grundlagen der Vegetationsgliederung, Part 1: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde, Einführung in die Phytosoziologie. *Eugen Ulmer*, Stuttgart, 136.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DUELL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (2001). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Göttingen, Goltze. *Scripta geobotanica*, 18, 262.
- EMERSON, R. W. (1878). Fortune of the republic: lecture delivered at the Old South Church, March 30, 1878. Houghton, Osgood.
- EWALD J. (2005). Pflanzensoziologie als Beitrag zur Biodiversitätsinformatik. *Tuexenia*, 25. 475–483.
- FISCHER-HÜFTLE, P. (2018). Rechtliche Anforderungen an die Auswahl des Saatguts auf Blühflächen und Blühstreifen. *Anliegen Natur*, 40(2), 113-116.
- FRANZ, K. P. (2021). Schriftliche Mitteilung.
- FREY, W. & LÖSCH, R. (2014). Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. (3. Aufl.). *Springer-Verlag*.
- GABA, S., FRIED, G., KAZAKOU, E., CHAUVEL, B. & NAVAS, M. L. (2014). Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agronomy for sustainable development*, 34(1), 103-119.
- GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., WINFREE, R., AIZEN, M. A., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., CARVALHEIRO, L. G., HARDER, L. D., AFIK, O., BARTOMEUS, I., BENJAMIN, F., BOREUX, V., CARIVEAU, D., CHACOFF, N. P., DUDENHÖFFER, J. H., FREITAS, B. M., GHAZOU, J., GREENLEAF, S., HIPÓLITO, J., HOLZSCHUH, A., HOWLETT, B., ISAACS, R., JAVOREK, S. K., KENNEDY, C. M., KREWENKA, K., KRISHNAN, S., MANDELIK, Y., MAYFIELD, M. M., MOTZKE, I., MUNYULI, T., NAULT, B. A., OTIENO, M., PETERSEN, J., PISANTY, G., POTTS, R. RADER, S. G., RICKETTS, T. H., RUNDLÖF, M., SEYMOUR, C. L., SCHÜEPP, C., SZENTGYÖRGYI, H., TAKI, H., TSCHARNTKE, T., VERGARA, C. H., VIANA, B. F., WANGER, T. C., WESTPHAL, C., WILLIAMS, N. & KLEIN, A. M. (2013). Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611.
- GARNIER, E. & NAVAS, M. L. (2012). A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 365-399.
- GEROWITT, B. & HEITEFUSS, R. (1990). Weed economic thresholds in cereals in the Federal Republic of Germany. *Crop Protection*, 9(5), 323-331.
- GEROWITT, B. & HOFMEIJER, M. A. (2018). PRODIVA-Vielfalt in Kulturbeständen und Unkräuter. Forschungsprojekt: PRODIVA – Crop diversification and Weeds, Projekt im ERA-net Core Organic. Schlussbericht.
- GLAVAC, V. (1996). Vegetationsökologie: Grundfragen, Aufgaben, Methoden. *Fischer*, Jena.
- GOSME, M., DUFOUR, L., AGUIRRE, H. D. I. & DUPRAZ, C. (2016). Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. In: 3. *European Agroforestry Conference (EURAF 2016)*. 182–185.
- GÖTSCH, E. (1992). Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery.
- GÖTZENBERGER, L., DE BELLO, F., BRÅTHEN, K. A., DAVISON, J., DUBUIS, A., GUISAN, A., LEP, J., LINDBORG, R., MOORA, M., ARTEL, M., PELLISSIER, L., POTTIER, J., VITTOZ, P., ZOBEL, K. & ZOBEL, M. (2012). Ecological assembly rules in plant communities - approaches, patterns and prospects. *Biological reviews*, 87(1), 111-127.
- GRIME, J. P. (1979). Plant strategies and vegetation processes. *Wiley*, Chichester.
- GRUTTKE, H., LUDWIG, G., SCHNITTLER, M., BINOT-HAFKE, M., FRITZLAR, F., KUHN, J., ASSMANN, T., BRUNKEN, H., DENZ, O., DETZEL, P., HENLE, K., KUHLMANN, M., LAUFER, H., MATERN, A., MEINIG, H., MÜLLER-

- MOTZFELD, G., SCHÜTZ, P., VOITH, J. & WELK, E. (2004). Memorandum - Verantwortlichkeit Deutschlands für die weltweite Erhaltung von Arten.
- HAAN, J. (2022). Untersuchung von Streuzersetzungsraten und der Streustabilisierung in einem jungen silvoarablen Agroforstsystem mittels Tea Bag Index (TBI). *Bachelorarbeit*. Justus-Liebig-Universität Gießen.
- HABER, W. (2014). Landwirtschaft und Naturschutz. *Wiley*, Weinheim.
- HAMILTON, N. E. & FERRY, M. (2018). ggtern: Ternary diagrams using ggplot2. *Journal of Statistical Software*, 87, 1-17.
- HUTCHINSON, G. E. (1957). Population studies: animal ecology and demography. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415–427.
- HAND R., THIEME M. & MITARBEITER (2022). Florenliste von Deutschland (Gefäßpflanzen), begründet von Karl Peter Buttler, Version 12.
- HEDBERG, P. & KOTOWSKI, W. (2010). New nature by sowing? The current state of species introduction in grassland restoration, and the road ahead. *Journal for Nature Conservation*, 18 (4), 304-308.
- HERZ, A., CAHENZLI, F., PENVERN, S., PFIFFNER, L., TASIN, M. & SIGSGAARD, L. (2019). Managing floral resources in apple orchards for pest control: Ideas, experiences and future directions. *Insects*, 10(8), 247.
- HILL, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.
- HOFMEIJER, M. A., MELANDER, B., KRAWCZYK, R., SALONEN, J., VERWIJST, T., ZARINA, L. & GEROWITT, B. (2017). Problematic weed species in organic arable agriculture around the Baltic Sea-an expert database.
- HOFMEIJER, M. A., MELANDER, B., SALONEN, J., LUNDKVIST, A., ZARINA, L., & GEROWITT, B. (2021). Crop diversification affects weed communities and densities in organic spring cereal fields in northern Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 308, 107251.
- HOFMEISTER, H. & GARVE, E. (1986). Lebensraum Acker - Pflanzen der Äcker und ihre Ökologie. *Paul Parey*, Hamburg und Berlin.
- INGLEBY, K., WILSON, J., MUNRO, R. C. & CAVERS, S. (2007). Mycorrhizas in agroforestry: spread and sharing of arbuscular mycorrhizal fungi between trees and crops: complementary use of molecular and microscopic approaches. *Plant and soil*, 294(1), 125-136.
- JÄGER, E. J. (Hrsg.) (2011). Rothmaler Exkursionsflora von Deutschland. Grundband: Gefäßpflanzen. (20. Aufl.). *Spektrum Akademischer Verlag*, Heidelberg.
- JACCARD, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.*, 44, 223-270.
- JANSA, J., MOZAFAR, A., ANKEN, T., RUH, R., SANDERS, I., & FROSSARD, E. (2002). Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. *Mycorrhiza*, 12(5), 225-234.
- JOSE, S. (2012). Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems*, 85(1), 1-8.
- KIENZLE, J., ZEBITZ, C. P. W. & BRASS, S. (1997). Floral and faunal species diversity and abundance of aphid predators in ecological apple orchards. *Biological agriculture & horticulture*, 15(1-4), 233-240.

- KLIRONOMOS, J. N. (2003). Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology*, 84(9), 2292-2301.
- KLOTZ, S., KÜHN, I., DURKA, W. & BRIEMLE, G. (2002). BIOLFLOR: Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. *Bundesamt für Naturschutz*, Bonn.
- KOTZBAUER, U. (2021a): Schriftliche Mitteilung.
- KOTZBAUER, S. (2021b): Mündliche Mitteilung.
- LACOMBE, S., BRADLEY, R. L., HAMEL, C. & BEAULIEU, C. (2009). Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131(1-2), 25-31.
- LANGENSIEPEN, I. & OTTE, A. (1994). Hofnahe Obstbaum-bestandene Wiesen und Weiden im Landkreis Bad Tölz–Wolfratshausen. Standortkundliche und nutzungsbedingte Differenzierungen ihrer Vegetation. *Tuexenia*, 14, 169-196.
- LAUTENBACH, S., SEPPELT, R., LIEBSCHER, J. & DORMANN, C. F. (2012). Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS one*, 7(4), e35954.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. (2012). Numerical ecology. (3. Aufl.). *Elsevier*, Amsterdam und Oxford.
- LEGENDRE, P. & DE CÁCERES, M. (2013). Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecology letters*, 16(8), 951-963.
- MAGURRAN, A. E. & MCGILL, B. J. (2010). Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. *Oxford University Press*, Oxford.
- MARSHALL, E. J. P., BROWN, V. K., BOATMAN, N. D., LUTMAN, P. J. W., SQUIRE, G. R. & WARD, L. K. (2003). The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed research*, 43(2), 77-89.
- METZING, D., GARVE, E. & MATZKE-HAJEK, G. (2018). Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 70(7), 13 - 358.
- MEYER, S. & LEUSCHNER, C. (2015). 100 Äcker für die Vielfalt - Initiativen zur Förderung der Ackerwildkrautflora in Deutschland. *Universitätsverlag Goettingen*.
- MEZIERE, D., BOINOT, S., DE WAAL, L., CADET, E., & FRIED, G. (2016). Arable weeds in alley cropping agroforestry systems - results of a first year survey. In: 3. *European Agroforestry Conference (EURAF 2016)*. 65-68.
- MINARSCH, E.-M. L. (2021). Schriftliche Mitteilung.
- MÖSELER, B. M., SIEVERS, R. & ALVAREZ, M. (2009). Diversitätsanalyse unter Verwendung des Programmes DiversityCalc am Beispiel eines Wald-Transektes vom Aremberg in der Osteifel. *Dechania*, 162, 67-78.
- MÜLLER, H. (1873). Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider. *Wilhelm Engelmann*, Leipzig.
- MÜLLER, H. (1881): Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten und ihre Anpassungen an dieselben. *Wilhelm Engelmann*, Leipzig.
- MÜLLER F. , RITZ C. M., WELK E., WESCHE K. (Hrsg.) (2021). Rothmaler Exkursionsflora von Deutschland. Grundband: Gefäßpflanzen. (22. Aufl.). *Springer Spektrum*, Berlin.
- MECKLENBURG-VORPOMMERN, UMWELTMINISTERIUM (MVU) (2003). Gutachtliches Landschaftsprogramm Mecklenburg-Vorpommern. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.

- NAIR, P. K. R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 3(2), 97-128.
- NAIR, P. K. R. (1993). An introduction to agroforestry. *Springer Science & Business Media*.
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil 3, Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften: Mit 101 Tabellen. (3. Aufl.). *Gutav Fischer Verlag*, Jena.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. (8.Aufl.). *Eugen Ulmer*, Stuttgart.
- ODUM, E. P. (1950). Bird populations of the Highlands (North Carolina) Plateau in relation to plant succession and avian invasion. *Ecology*, 31(4), 587-605.
- OFFENBERGER, M. (2018): Erfolge beim Schutz der Segetalflora - Wirksamkeit des Vertragsnaturschutzes am Beispiel des Landkreises Rhön-Grabfeld (Bayern). *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 50(10), 386-393.
- PARDON, P., REUBENS, B., REHEUL, D., MERTENS, J., DE FRENNE, P., COUSSEMENT, T., JANSSENS, P. & VERHEYEN, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 247, 98-111.
- POTTS, S. G., IMPERATRIZ-FONSECA, V., NGO, H. T., AIZEN, M. A., BIESMEIJER, J. C., BREEZE, T. D., DICKS, L. V., GARIBALDI, L. A., HILL, R., SETTELE, J. & VANBERGEN, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220-229.
- RASKIN, B. & OSBURN, S. (2019). The agroforestry handbook. *The Soil Association*, Bristol, UK.
- RAUNKIÆR, C. (1904). Om biologiske Typer, med Hensyn til Planternes Tilpasninger til at overleve ugunstige Aarstider. *Botanisk Tidsskrift*, 26, 14.
- RAUNKIÆR, C. (1911): Statistik der Lebensformen als Grundlage für die biologische Pflanzengeographie. *Botanisches Centralblatt*, 27(2), 171 - 206.
- RÖHRICHT, C., RUSCHER, K., KIESEWALTER, S., AL HUSSEIN, I. A. & ZÖPHEL, B. (2007). Feldstreifenanbau. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, Dresden, 25, 108.
- SAGAR, R., SINGH, A. & SINGH, J. S. (2008). Differential effect of woody plant canopies on species composition and diversity of ground vegetation: a case study. *Tropical Ecology*, 49(2), 189.
- SCHULZ, F. (2012). Vergleich ökologischer Betriebssysteme mit und ohne Viehhaltung bei unterschiedlicher Intensität der Grundbodenbearbeitung: Effekte auf Flächenproduktivität, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit. *Dissertation*. Justus-Liebig-Universität Gießen.
- SCHULZ, F. (2022): Schriftliche Mitteilung.
- SHARAF, H. (2018): Vegetationsuntersuchungen in einem AFS mit Wertholzproduktion: Analyse naturschutzfachlicher Potenziale verschiedener Einsaaten und Behandlungsmethoden sowie der Wechselwirkung zwischen Wertholz, Krautvegetation und landwirtschaftlich genutzten Flächen. *Dissertation*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- STAMPS, W. T. & LINIT, M. J. (1997). Plant diversity and arthropod communities: Implications for temperate agroforestry. *Agroforestry systems*, 39(1), 73-89.
- STARKE-OTTICH, I. & GREGOR, T. (2019): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessens. - 5. Fassung. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. 271.
- STATON, T., WALTERS, R., SMITH, J., BREEZE, T. & GIRLING, R. (2021). Management to promote flowering understoreys benefits natural enemy diversity, aphid suppression and income in an agroforestry system. *agronomy*, 11(4), 651.
- STROTDREES, J. (1992). Wirkung unterschiedlicher Produktionstechniken auf die Flora im Ackerschonstreifen. *Natur und Landschaft*, 67(6), 292-295.

- SVOMA, B. M., FOX, N. I., PALLARDY, Q. & UDAWATTA, R. P. (2016). Evapotranspiration differences between agroforestry and grass buffer systems. *Agricultural Water Management*, 176, 214-221.
- THEAKER, A. J., BOATMAN, N. D. & FROUD-WILLIAMS, R. J. (1995). Variation in *Bromus sterilis* on farmland: evidence for the origin of field infestations. *Journal of Applied Ecology*, 32, 47-55.
- TORRALBA, M., FAGERHOLM, N., BURGESS, P. J., MORENO, G. & PLIENINGER, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, ecosystems & environment*, 230, 150-161.
- TRAXLER, A. (1997). Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Teil A: Methoden. Monographien, 89A. *Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie*, Wien, 397.
- UDAWATTA, R. P., RANKOTH, L. M. & JOSE, S. (2019). Agroforestry and biodiversity. *Sustainability*, 11(10), 2879.
- UNSELD, R., REPPIN, N., ECKSTEIN, K., ZEHLIUS-ECKERT, W., HOFFMANN, H. & HUBER, T. (2011): Leitfaden Agroforstsysteme. Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen. *Gefördert durch Bundesamt für Naturschutz*, 48.
- VANHOOF, P. (2022): Schriftliche Mitteilung.
- VARAH, A., JONES, H., SMITH, J. & POTTS, S. G. (2013). Enhanced biodiversity and pollination in UK agroforestry systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9), 2073-2075.
- VARAH, A., JONES, H., SMITH, J. & POTTS, S. G. (2020). Temperate agroforestry systems provide greater pollination service than monoculture. *Agriculture, ecosystems & environment*, 301, 107031.
- VOIGTLÄNDER, U. & HENKER, H. (2005): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen Mecklenburg-Vorpommerns. - 5. Fassung, Stand März 2005. *Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern*. 60 S.
- WÄLDCHEN, J., PUSCH, J. & LUTHARDT, V. (2005). Zur Diasporen-Keimfähigkeit von Segetalpflanzen. *Beiträge zur Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 38, 145-156.
- WARMING, E. (1896). Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. (2. Aufl.). *Bornträger*, Berlin.
- WECKENBROCK, P. (2021). Mündliche Mitteilung.
- WELK, E. (2001). Verantwortung Deutschlands für die weltweite Erhaltung von Gefäßpflanzen aus pflanzengeographischer Sicht. *Pulsatilla*, 4, 7-27.
- WESTERMAN, P. R., WES, J. S., KROPFF, M. J. & VAN DER WERF, W. (2003). Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology*, 40(5), 824-836.
- WESTRICH, P. (2018): Die Wildbienen Deutschlands. *Eugen Ulmer*, Stuttgart, 821.
- WILMANN, O. (1998). Ökologische Pflanzensoziologie - eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. (6. Aufl.). *UTB*, Stuttgart.
- WILSON, P. J. (1993) Conserving Britain's cornfield flowers. In: Proceedings 1993. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, UK, 411-416.
- WOODCOCK, B. A., BULLOCK, J. M., MCCracken, M., CHAPMAN, R. E., BALL, S. L., EDWARDS, M. E., NOWAKOWSKI, M. & PYWELL, R. F. (2016). Spill-over of pest control and pollination services into arable crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 231, 15-23.
- YOUNIE, D., TAYLOR, D., COUTTS, M., MATHESON, S., WRIGHT, G. & SQUIRE, G. (2002). Effect of organic crop rotations on long-term development of the weed seedbank. In: Proceedings of the UK Organic Research 2002 Conference, Aberystwyth, 215-220.

ZACHARIAS, D. (1990). Flora und Vegetation von Waldrändern in Abhängigkeit von der angrenzenden Nutzung unter Berücksichtigung auch der floristisch schwer charakterisierbaren Bestände. *Ökologie und Naturschutz im Agrarraum*, 19(2), 336-345.

ZELENÝ, D. & SCHAFFERS, A. P. (2012). Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science*, 23(3), 419-431.

Internetquellen

¹ Bundesamt für Naturschutz (BfN). Agrobiodiversitätsstrategie des BMELV.

<https://biologischevielfalt.bfn.de/nationale-strategie/andere-strategien/agrobiodiversitaet.html> (zuletzt aufgerufen: 06.06.2022)

² Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V. (DeFAF): Was ist Agroforstwirtschaft?

<https://agroforst-info.de/agroforstwirtschaft/> (zuletzt aufgerufen: 06.06.2022)

³ Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V. (DeFAF). Bundestag bestätigt Antrag zur

Förderung der Agroforstwirtschaft. Pressemitteilung vom 14.01.2021. <https://agroforst-info.de/bundestag-bestaetigt-antrag-zur-foerderung-der-agroforstwirtschaft/> (zuletzt aufgerufen: 22.07.2022)

⁴ Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft e.V. (DeFAF): Geplante Förderung von Agroforstsystemen entwickelt sich zum Förderflop - DeFAF e.V. fordert Anpassung der GAP-

Direktzahlungsverordnung. Pressemitteilung 29.11.2021. https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/11/2021_11_29_PM_DeFAF-Stellungnahme-GAPDZV.pdf (zuletzt aufgerufen: 22.07.2022)

⁵ agroforst monitoring, Uni Münster: <https://agroforst-monitoring.de/> (zuletzt aufgerufen: 5.08.2021)

⁶ Justus-Liebig-Universität Gießen (JLUG). Agroforstsysteme Hessen. [https://www.uni-](https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/pflbz2/oekolandbau/forschung/agroforst)

[giessen.de/fbz/fb09/institute/pflbz2/oekolandbau/forschung/agroforst](https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/pflbz2/oekolandbau/forschung/agroforst) (zuletzt aufgerufen: 15.10.2021)

⁷ Hof Garvsmühlen. <https://www.biohof-garvsmuehlen.de/agroforst> (zuletzt aufgerufen: 20.10.2021)

⁸ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG MV).

Kartenportal Umwelt Mecklenburg-Vorpommern. <https://www.umweltkarten.mv-regierung.de/script/> (zuletzt aufgerufen: 21.10.2021)

⁹ Deutscher Wetterdienst (DWD). Klimadaten: Vieljährige Mittelwerte 1991-2020.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/vielj_mittelwerte.html (zuletzt aufgerufen: 15.10.2021)

¹⁰ Justus-Liebig-Universität Gießen (JLUG). Gladbacherhof. [https://www.uni-](https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/forschung/lehreinrichtungen/Standorte_neu/gh)

[giessen.de/fbz/fb09/forschung/lehreinrichtungen/Standorte_neu/gh](https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/forschung/lehreinrichtungen/Standorte_neu/gh) (zuletzt aufgerufen: 15.10.2021)

¹¹ Regierungspräsidium Gießen (RP Gießen). Natura 2000 - Verordnung Regierungspräsidium Gießen.

<http://natura2000-verordnung.rp-giessen.de/Anlagen1-3-4/FFH/5515-303.html> (zuletzt aufgerufen: 19.10.2021)

¹² Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Geologieviewer Hessen.

<https://geologie.hessen.de/mapapps/resources/apps/geologie/index.html?lang=de> (zuletzt aufgerufen: 15.10.2021)

¹³ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Bodenviewer Hessen.

<https://bodenviewer.hessen.de/mapapps/resources/apps/bodenviewer/index.html?lang=de> (zuletzt aufgerufen: 15.10.2021)

¹⁴ Bundesamt für Naturschutz (BfN): Gebietseigene Herkünfte. <https://www.bfn.de/gebietseigene-herkuenfte> (zuletzt aufgerufen: 22.07.2022)

¹⁵ Deutsche Wildtier Stiftung (DWS): Wildbienen. Wichtige Bestäuber für eine Vielzahl von Pflanzen. <https://www.deutschewildtierstiftung.de/wildtiere/wildbienen> (zuletzt aufgerufen: 22.07.2022)

Programme und Packages

DRAY S., BAUMAN D., BLANCHET G., BORCARD D., CLAPPE S., GUENARD G., JOMBART T., LAROCQUE G., LEGENDRE P., MADI N. & WAGNER, H. H. (2021). adespatial: Multivariate Multiscale Spatial Analysis. *R package version 0.3-14*. <https://CRAN.R-project.org/package=adespatial>

FIRKE, S. (2021). janitor: Simple Tools for Examining and Cleaning Dirty Data. *R package version 2.1.0*. <https://CRAN.R-project.org/package=janitor>

HENNEKENS, S.M. & SCHAMINÉE, J.H.J. (2001). Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 12, 589-591.

LARSSON, J. (2021). eulerr: Area-Proportional Euler and Venn Diagrams with Ellipses. *R package version 6.1.1*. <https://CRAN.R-project.org/package=eulerr>.

HARRELL, F.E. (2021). Hmisc: Harrell Miscellaneous. *R package version 4.6-0*. <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>

OGLE, D.H., DOLL, J.C., WHEELER, P. & DINNO, A. (2021). FSA: Fisheries Stock Analysis. *R package version 0.9.1*. <https://github.com/droglenc/FSA>.

OKSANEN, A., BLANCHET, F. G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P. R., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H., SZOECZ, E. & WAGNER, H. (2020). vegan: Community Ecology Package. *R package version 2.5-7*. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

PETERSON, B. G. & PETER, C. (2020). PerformanceAnalytics: Econometric Tools for Performance and Risk Analysis. *R package version 2.0.4*. <https://CRAN.R-project.org/package=PerformanceAnalytics>

R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

SIMPSON, G. L. (2019). ggvegan: 'ggplot2' Plots for the 'vegan' Package. *R package version 0.1-0*.

TICHÝ, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of vegetation science*, 13(3), 451-453.

WICKHAM, H. (2007). Reshaping Data with the reshape Package. *Journal of Statistical Software*, 21(12), 1-20.

WICKHAM, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. *Springer*, New York.

WICKHAM, H. (2021a). forcats: Tools for Working with Categorical Variables (Factors). *R package version 0.5.1*. <https://CRAN.R-project.org/package=forcats>

WICKHAM, H. (2021b). tidyr: Tidy Messy Data. *R package version 1.1.4*. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>

WICKHAM, H., FRANÇOIS, R., HENRY, L. & MÜLLER, K. (2021c). dplyr: A Grammar of Data Manipulation. *R package version 1.0.7*. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>

QGIS DEVELOPMENT TEAM (2021). Geographisches Informationssystem von QGIS. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://www.qgis.org>

8. ANHANG

Tab. 8.-11 Baumstreifentypen, Baumarten, Pflanzabstände und Pflanzzeitpunkt des Agroforstsystems auf dem Hof Garvsmühlen (KOTZBAUER 2021a)

Baumstreifen	R1	R2	R3	R4
Baumarten	<i>Juglans regia</i> <i>Corylus colurna</i> <i>Prunus avium</i> <i>Juglans x intermedia</i>	<i>Malus domestica</i> <i>Pyrus communis</i> <i>Prunus avium</i> <i>Sorbus domestica</i> <i>Juglans x intermedia</i>	<i>Pyrus communis</i> <i>Malus domestica</i> <i>Sorbus domestica</i> <i>Sorbus torminalis</i> <i>Prunus avium</i>	<i>Malus domestica</i> <i>Prunus avium</i> <i>Juglans regia</i> <i>Sorbus torminalis</i> <i>Corylus colurna</i>
Straucharten/ Sonderkulturen	<i>Im nördl. Teil:</i> Beerenbüsche: Aronia, Himbeere, Johannis- und Jostabeere	<i>Im nördl. Teil:</i> Gemüse daran anschl. entlang auf der Baumlinie: Rharbarber für Eigenbedarf	keine	keine
Pflanzabstand in der Reihe (m)	20	<ul style="list-style-type: none"> • 10 zwischen Äpfel u. Birnen • 15 zwischen Kirsche, Speierling und Schwarznuss • Forstbäume im Dreierverbund 		
Pflanzzeitpunkt	November 2020			

Tab. 8.-12 Untersuchte Baumstreifentypen, Baumarten, Pflanzabstände und Pflanzzeitpunkte des Agroforstsystems auf dem Gladbacherhof (MINARSCH 2021)

Baumstreifentyp	Kombi (R1/3/5)	Pappel (R2)	Apfel (R4)	Wertholz (R6)
Baumarten	<i>Wertholz und Apfel im Wechsel,</i> <i>dazwischen Pappeln- und</i> <i>Holundersträucher</i> 1. <i>s. Apfel (R4)</i> 2. <i>s. Pappeln (R2)</i> 3. <i>s. Wertholz (R6)</i>	<i>Populus spp.:</i> • <i>Matrix II</i> • <i>H275</i> • <i>Max3</i> • <i>FastWOOD 1</i> • <i>Trichobel</i>	<i>Malus domestica:</i> • <i>Finkenwerder</i> <i>Herbstprinz</i> • <i>Jakob Lebel</i> • <i>Danzinger Kant</i> • <i>Graue</i> <i>Herbststrenette</i>	<i>Juglans regia</i> <i>Prunus avium</i> <i>Sorbus domestica</i> <i>Sorbus torminalis</i> <i>Pyrus communis</i>
Straucharten	<i>Pappeln und Holunder</i>	keine	keine	keine
Pflanzabstand in der Reihe (m)	1. <i>Wertholz:</i> 12 im Dreierverbund 2. <i>Apfel:</i> 12 3. <i>Pappeln:</i> 1 4. <i>Holunder:</i> rechts und links neben dem Wertholz- Dreierverbund	1	12	12 im Dreierverbund
Pflanzzeitpunkt	Februar 2020: Wertholz (Walnuss, Kirsche, Speierling, Elsbeere), Pappeln November 2020: Wertholz (Birne), Apfel, Holunder			

Tab. 8.-13 Artenliste der mehrjährigen Blühstreifenmischung „Blühende Landschaft – Spätsommer 2020 (Nord)“ auf dem Hof Garvsmühlen (KOTZBAUER 2021a)

Wildblumen 40%		
Botanischer Name	Deutscher Name	%
<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Schafgarbe	1,00
<i>Cyanus segetum</i>	Kornblume	7,00
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	2,00
<i>Cichorium intybus</i>	Gewöhnliche Wegwarte	1,50
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre	2,50
<i>Echium vulgare</i>	Gewöhnlicher Natternkopf	2,00
<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	1,50
<i>Isatis tinctoria</i>	Färber-Waid	0,50
<i>Knautia arvensis</i>	Acker-Witwenblume	0,20
<i>Leucanthemum ircutianum/vulgare</i>	Wiesen-Margerite	2,50
<i>Malva moschata</i>	Moschus-Malve	0,70
<i>Malva sylvestris</i>	Wilde Malve	2,50
<i>Melilotus albus</i>	Weißer Steinklee	0,50
<i>Melilotus officinalis</i>	Gelber Steinklee	0,50
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatschmohn	2,00
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich	2,80
<i>Potentilla argentea</i>	Silber-Fingerkraut	0,30
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Hederich	2,20
<i>Reseda luteola</i>	Färber-Resede	1,00
<i>Silene dioica</i>	Rote Lichtnelke	1,00
<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>	Weißer Lichtnelke	1,00
<i>Silene vulgaris</i>	Gemeines Leimkraut	2,50
<i>Sinapis arvensis</i>	Ackersenf	1,00
<i>Solidago virgaurea</i>	Gewöhnliche Goldrute	0,20
<i>Tanacetum vulgare</i>	Rainfarn	0,10
<i>Verbascum densiflorum</i>	Großblütige Königskerze	0,50
<i>Verbascum nigrum</i>	Schwarze Königskerze	0,50
		40,00
Kulturpflanzen 60%		
<i>Allium fistulosum</i>	Winterzwiebel	2,00
<i>Calendula officinalis</i>	Garten-Ringelblume	4,00
<i>Camelina sativa</i>	Leindotter	3,00
<i>Coriandrum sativum</i>	Koriander	5,00
<i>Foeniculum vulgare</i>	Fenchel	4,00
<i>Lepidium sativum</i>	Garten-Kresse	3,00
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornschotenklee	2,00
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	2,00
<i>Pisum sativum</i>	Winter-Erbse	12,00
<i>Petroselinum crispum</i>	Petersilie	3,00
<i>Rucola selvatica</i>	Wilde Rauke	2,00
<i>Trifolium incarnatum</i>	Inkarnatklee	5,00
<i>Vicia faba</i>	Winter-Ackerbohne	13,00
		60,00
Gesamt		100,00

Tab. 8.-14 Kartierte Begleitflora-Arten, die gemäß GEROWITT & HEITEFUSS (1990), MARSHALL et al. (2003) und HOFMEIJER et al. (2017) als erschwert kontrollierbar eingestuft wurden

Studie	GEROWITT & HEITEFUSS 1990	MARSHALL et al. 2003	HOFMEIJER et al. 2017
Untersuchungsgebiet	Deutschland	Großbritannien und Mitteleuropa	Deutschland
Untersuchungsschwerpunkt	Kompetitive Arten (in Klammern Individuendichte pro m ⁻² , die als Schadschwellenwert für Herbizidanwendung angegeben wurde)	Kompetitive Arten (in Klammern Individuendichte pro m ⁻² , die zu 5 % Ertragseinbuße in Weizen führte)	Häufigst genannte Arten mit Schadpotenzial
Arten	<i>Cyanus segetum</i> <i>Daucus carota</i> <i>Fallopia convolvulus</i> (2) <i>Galium aparine</i> (0,1-0,5) <i>Lamium purpureum</i> <i>Lapsana communis</i> <i>Myosotis arvensis</i> <i>Papavaer rhoes</i> <i>Polygonum aviculare</i> <i>Stellaria media</i> <i>Veroncia agrestis</i> <i>Vicia tetrasperma</i> <u>Beikräuter gesamt</u> (40-50 Indiv.) oder (5-10 % Deckung) <u>Beigräser gesamt</u> (20-30)	<i>Avena fatua</i> (5,0) <i>Chenopodium album</i> (25,0) <i>Cirsium arvense</i> (17) <i>Fallopia convolvulus</i> (17) <i>Galium aparine</i> (17) <i>Geranium dissectum</i> (62,5) <i>Lamium purpureum</i> (62,5) <i>Myosotis arvensis</i> (25) <i>Papaver rhoeas</i> (12,5) <i>Persicaria maculosa</i> (25) <i>Poa annua</i> (50) <i>Polygonum aviculare</i> (50) <i>Sinapis arvensis</i> (12,5) <i>Stellaria media</i> (25) <i>Tripleurospermum inodorum</i> (12,5)	<i>Apera spica-venti</i> <i>Anchusa arvensis</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Cyanus segetum</i> <i>Galium aparine</i> <i>Papaver rhoeas</i> <i>Polygonum spp.</i> <i>Raphanus raphanistrum</i> <i>Rumex spec.</i> <i>Stellaria media</i>
<p>In grauer Schrift jene Arten, denen MARSHALL et al. (2003) einen Kompetitivitätsindex von größer 25 zuwiesen und die von der Artenauswahl an Schadbeikräutern und -gräsern im Rahmen dieser Arbeit ausgeschlossen wurden (vgl. 3.3.6.2).</p>			

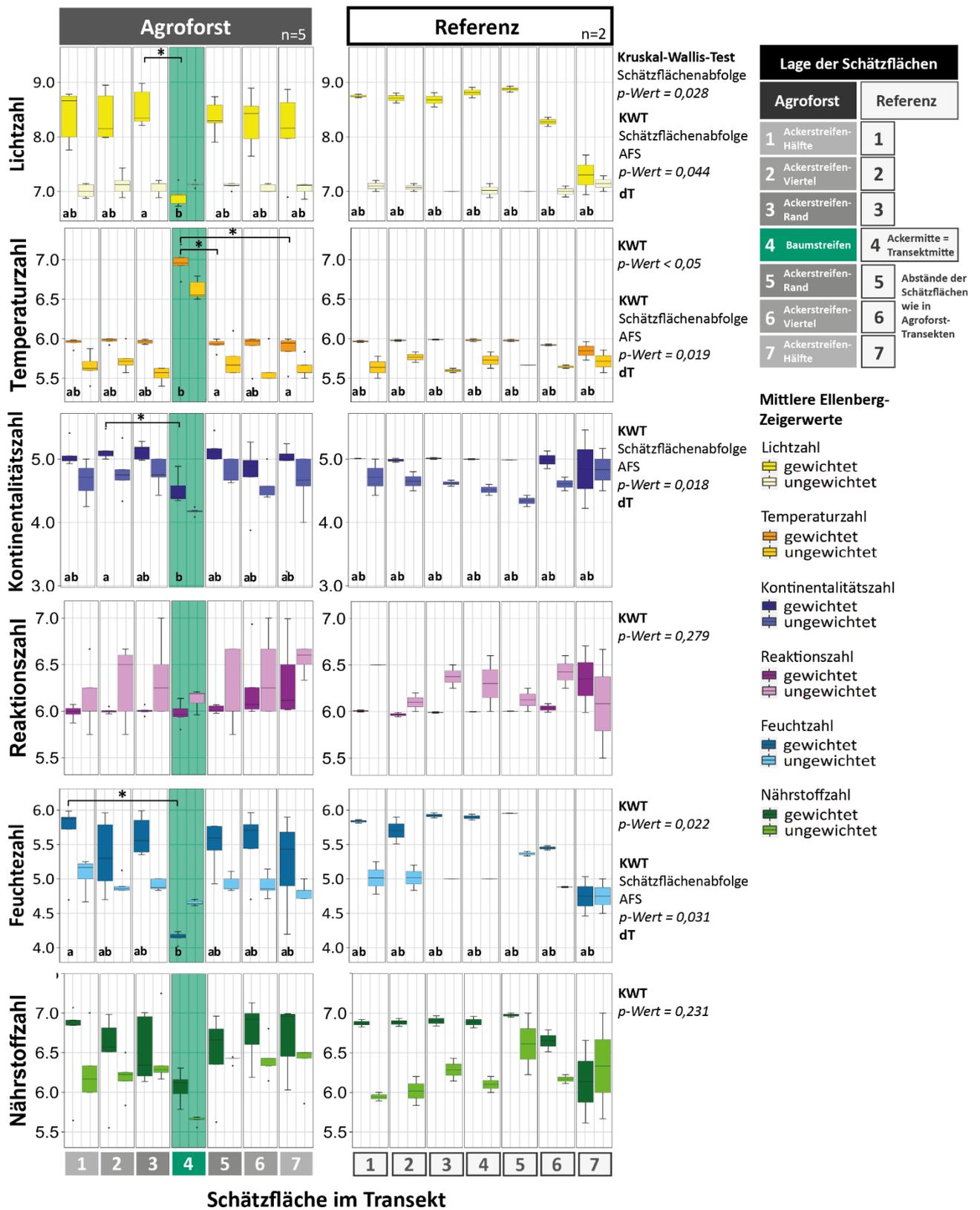


Abb. 8.-28 Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl) der Vegetationserhebungen in Agroforst- (links) und Referenzfläche auf dem Hof Garvmühlen (*Baumstreifen-Ansaaten inkludiert, Ackerkultur exkludiert, signifikante Unterschiede hier nur für gewichtete Zeigerwerte vermerkt, für ungewichtete Zeigerwerte s. Abb. 4.3-13*)

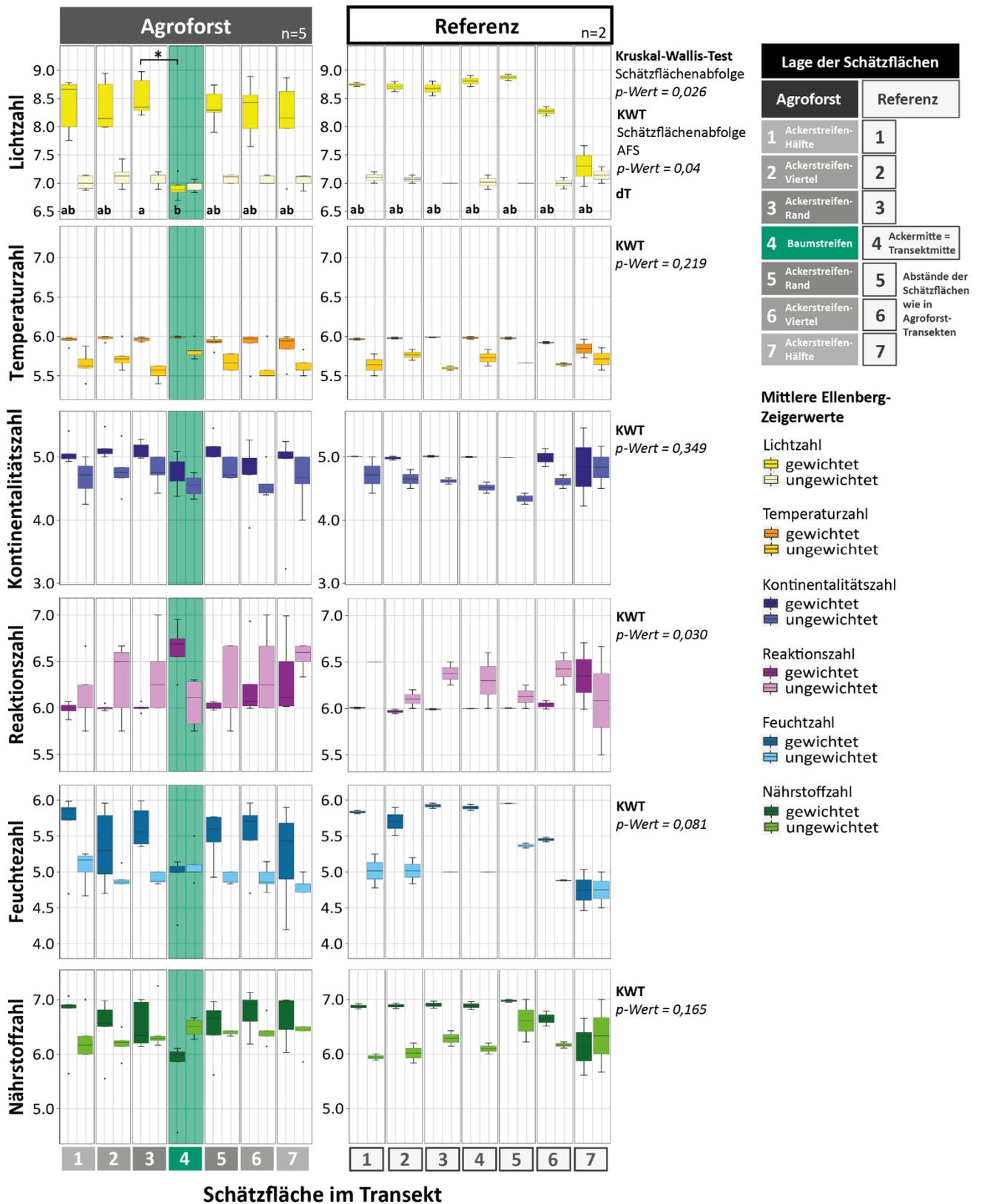


Abb. 8.-29 Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl) der Vegetationserhebungen in Agroforst- (links) und Referenzfläche auf dem Hof Garvsmühlen (Baumstreifen-Ansaaten exkludiert, Ackerkultur ausgeschlossen)

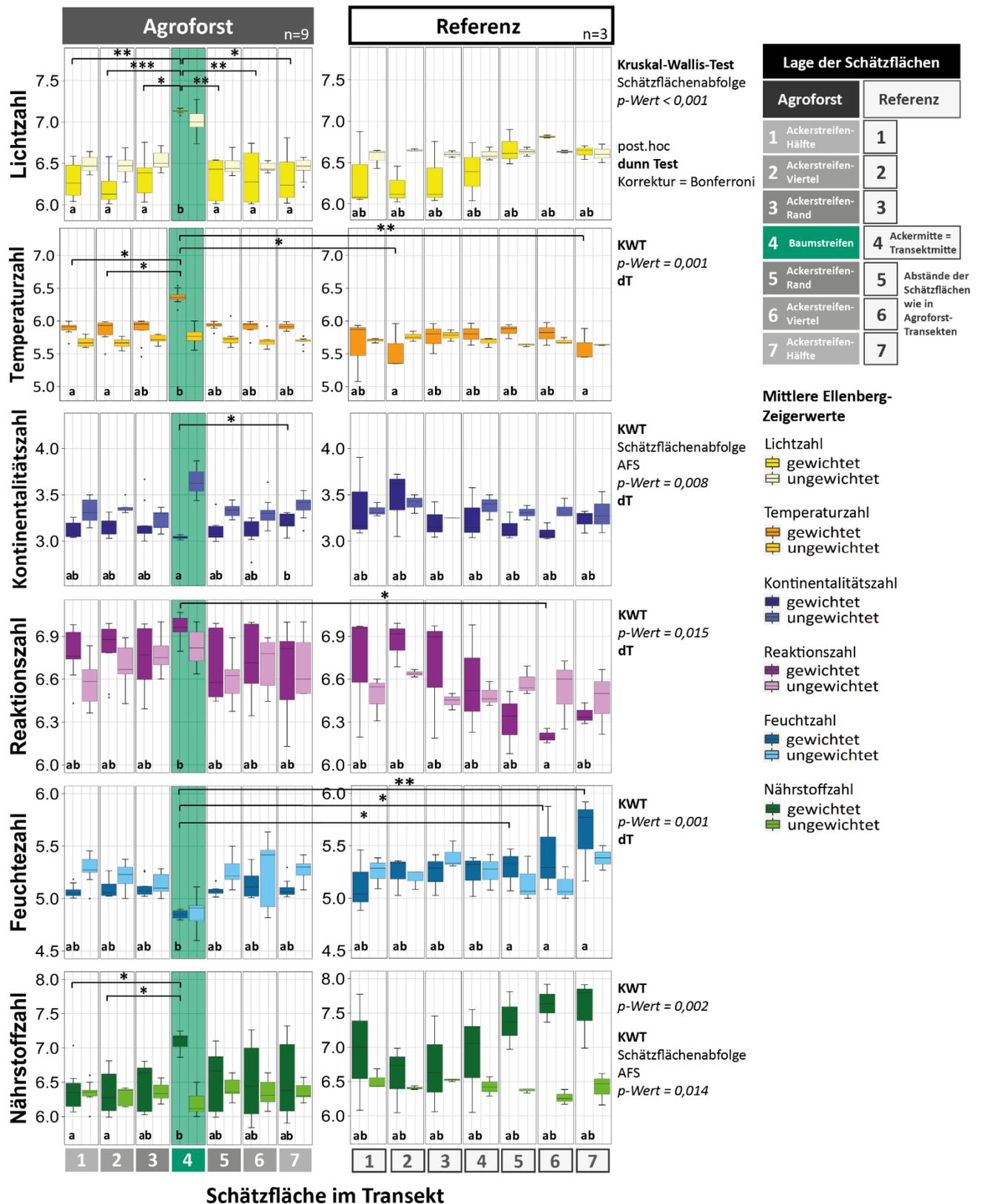


Abb. 8.-30 Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl) der Vegetationserhebungen in Agroforst- (links) und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten inkludiert, Ackerkultur exkludiert, signifikante Unterschiede hier nur für gewichtete Zeigerwerte vermerkt, für ungewichtete Zeigerwerte s. Abb. 4.3-15)

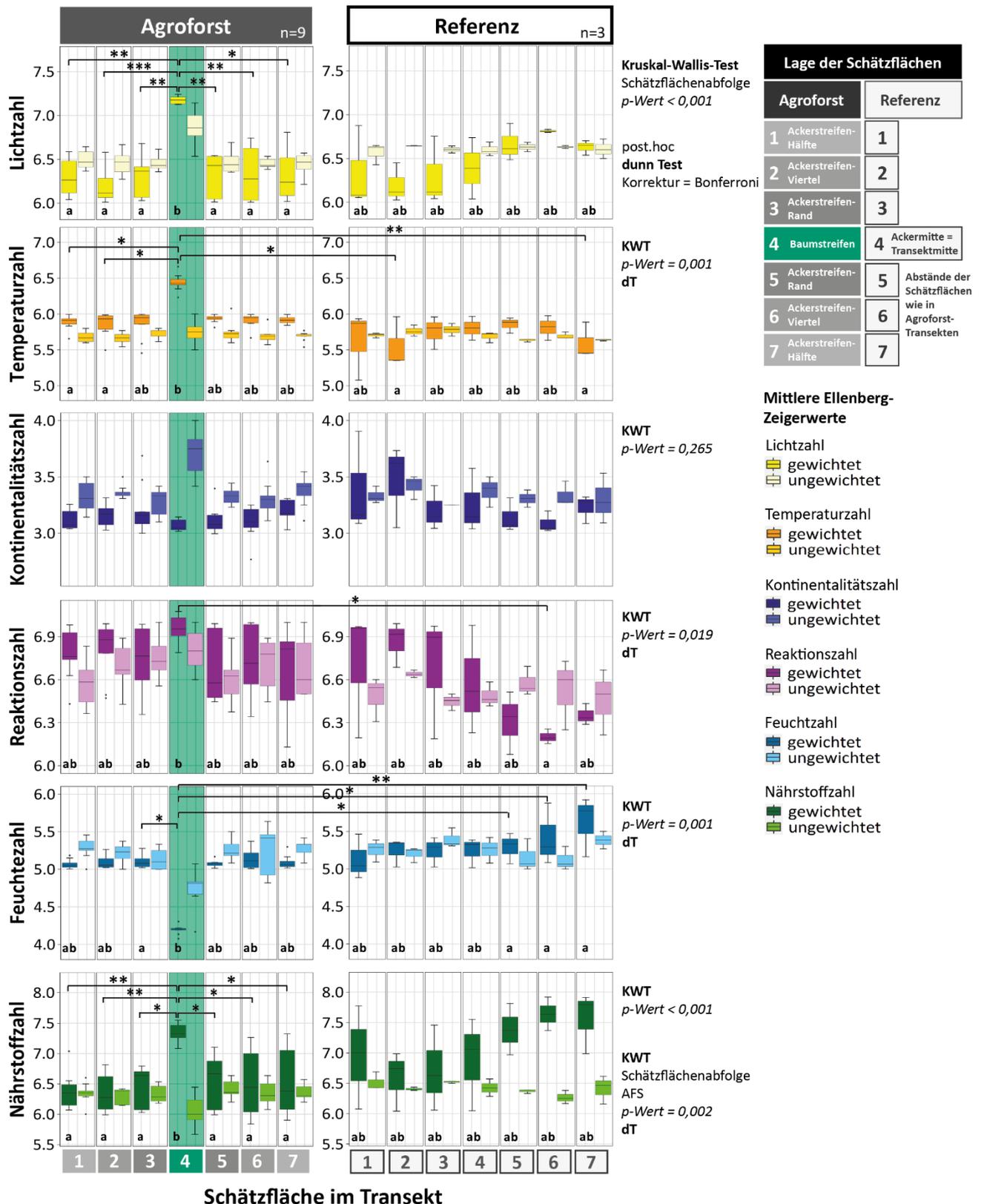


Abb. 8-31 Vergleich zwischen gewichteten und ungewichteten Ellenberg-Zeigerwerten (Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Feuchte- und Nährstoffzahl) der Vegetationserhebungen in Agroforst- (links) und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof (*Baumstreifen-Ansaaten exkludiert, Ackerkultur ausgeschlossen*)

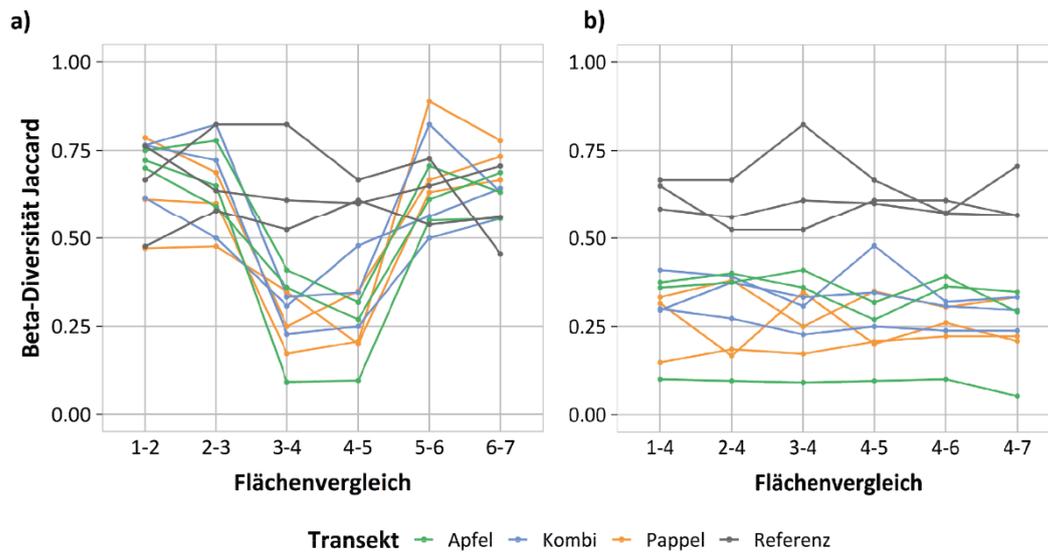


Abb. 8.-32 Beta-Diversität-Ähnlichkeitsmaße (Jaccard-Index) der Agroforst- und Referenzfläche auf dem Gladbacherhof (Baumstreifen-Ansaaten exkludiert): **a)** Flächenvergleich entlang der Schätzflächenabfolge im Transekt, **b)** Flächenvergleich jeweils zur Baumstreifen-Schätzfläche 4

Tab. 8.-15 Blumenklassen und typische Bestäuber der kartierten Arten nach MÜLLER (1881, entnommen KLOTZ et al. 2002) sowie Einstufung zur Unterstützung von Bestäubern entsprechend BÄRBERI et al. (2018)

Blumenklasse	Typische Bestäuber	Einstufung Unterstützung von Bestäubern	Arten (Arten in Klammern entsprechend ergänzter Experteneinschätzung)	
			Hof Garvmühlen	Gladbacherhof
Hymenopterenblumen	Hymenopteren	unterstützend	<i>Anchusa arvensis</i> s. str. <i>Geranium dissectum</i> <i>Phacelia tanacetifolia</i> <i>Trifolium incarnatum</i>	<i>Medicago lupulina</i> <i>Vicia lathyroides</i> <i>Vicia sativa</i> <i>Vicia sativa</i> subsp. <i>angustifolia</i> <i>Vicia sepium</i> <i>Vicia tetrasperma</i>
			<i>Lamium purpureum</i> var. <i>purpureum</i> <i>Melilotus officinalis</i> <i>Vicia hirsuta</i>	
Bienenblumen	Bienen, Hummeln, Wespen, Bombyliden, Syrphiden	unterstützend	<i>Achillea millefolium</i>	/
			<i>Trifolium repens</i> <i>Lotus corniculatus</i> (<i>Vicia faba</i>) <i>Viola arvensis</i>	
Hummelblumen	Hummeln	unterstützend	<i>Pisum sativum</i>	<i>Glechoma hederacea</i>
			<i>Trifolium pratense</i> <i>Medicago sativa</i>	
Übergangstyp Falter - Hummelblumen	Falter, Hummeln	unterstützend	<i>Silene vulgaris</i>	/
Falterblumen	Lepidopteren, langrüsselige Bienen, langrüsselige Syrphiden	unterstützend	/	<i>Sherardia arvensis</i> (<i>Silene conoidea</i>)
Tagfalterblumen	Tagfalter	unterstützend	<i>Silene dioica</i>	/
Nachtfalterblumen	Nachtfalter	unterstützend	<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>	/
Blumen mit freiliegendem Nektar	Käfer, Fliegen, Syrphiden, Wespen, mittelrüsselige Bienen	unterstützend	<i>Coriandrum sativum</i> <i>Daucus carota</i> <i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Aphanes arvensis</i> <i>Euphorbia exigua</i> <i>Euphorbia helioscopia</i> <i>Galium aparine</i>
			<i>Petroselinum crispum</i> <i>Sinapis arvensis</i>	
Blumen mit halbverborgenem Nektar	Syrphiden, Bienen, Falter	unterstützend	<i>Brassica napus</i> <i>Brassica rapa</i> <i>Lepidium sativum</i> <i>Camelina sativa</i> agg. <i>Raphanus raphanistrum</i> <i>Reseda luteola</i> <i>Sisymbrium officinale</i>	<i>Cerastium glomeratum</i> <i>Thlaspi arvensis</i>
			<i>Capsella bursa-pastoris</i> <i>Stellaria media</i>	

Blumenklasse	Typische Bestäuber	Einstufung Unterstützung von Bestäubern	Arten (Arten in Klammern entsprechend ergänzter Experteneinschätzung)	
			Hof Garvmühlen	Gladbacherhof
Blumengesellschaften mit völlig verborgenem Nektar	Bienen, Hummeln, Wespen, Bombyliden, Syrphiden	unterstützend	<i>Calendula officinalis</i> <i>Centaurea jacea</i> agg. <i>Cichorium intybus</i> <i>Cyanus segetum</i> <i>Erodium cicutarium</i> agg. <i>Leontodon hispidus</i> <i>Leucanthemum ircutianum</i> <i>Malva sylvestris</i>	<i>Anthemis arvensis</i> <i>Arctium lappa</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Convolvulus arvensis</i> <i>Fallopia convolvulus</i> <i>Lapsana communis</i> <i>Persicaria maculosa</i> <i>Persicaria minor</i> <i>Polygonum aviculare</i> agg. <i>Sonchus arvensis</i> <i>Sonchus asper</i> <i>Taraxacum officinale</i> agg. <i>Tripleurospermum inodorum</i> <i>Veronica agrestis</i>
			<i>Geranium pusillum</i> <i>Lactuca serriola</i> <i>Matricaria chamomilla</i> <i>Myosotis arvensis</i> <i>Tanacetum vulgare</i> <i>Veronica hederifolia</i> agg.	
Pollenblumen	kurzrüsselige Bienen, Syrphiden, Käfer, Fliegen			<i>Anagallis arvensis</i>
			<i>Papaver rhoeas</i>	
Übergangstyp Pollen - Ekelblumen	kurzrüsselige Bienen	unterstützend		<i>Clematis vitalba</i>
Windblumen mit gelegentlichem Insektenbesuch	/	unterstützend	<i>Plantago lanceolata</i> <i>Rumex acetosa</i>	<i>Chenopodium album</i>
			<i>Rumex crispus</i>	
Windblütler ohne Insektenbesuch	/	nicht unterstützend	<i>Avena fatua</i> <i>Bromus tectorum</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Triticum aestivum</i>	<i>Apera spica-venti</i> <i>Bromus hordeaceus</i> <i>Dactylis glomerata</i> agg. <i>Festuca pratensis</i> s.l. <i>Festuca rubra</i> <i>Phleum pratense</i> subsp. pratense <i>Poa pratensis</i> s.str.
			<i>Bromus sterilis</i> <i>Equisetum arvense</i> <i>Lolium multiflorum</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Hordeum vulgare</i> <i>Secale cereale</i>	

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Bonn, 24.08.2022



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Orben', written in a cursive style.

Unterschrift der Studierenden