



Verbundprojekt: Leguminosen in biodiversitätsbasierten
Landwirtschaftssystemen im Mittelmeerraum

Teilvorhaben: Modelle und Ansätze für eine biodiversitätsbasierte Landwirtschaft
in leguminosenbasierten Anbausystemen

Schlussbericht

gemäß Anlage 2 zu Nr. 4.1 NABF 2017

Juli 2024

Anna-Lena Vollheyde
Malte Viergutz
Christina von Haaren

Institut für Umweltplanung
Leibniz Universität Hannover

Förderung durch:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderinitiative Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area (PRIMA)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



PRIMA
PARTNERSHIP FOR RESEARCH AND INNOVATION
IN THE MEDITERRANEAN AREA

Zuwendungsempfänger: Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover

Förderkennzeichen: 01DH20007

Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Leguminosen in biodiversitätsbasierten Landwirtschaftssystemen im Mittelmeerraum; Teilvorhaben: Modelle und Ansätze für eine biodiversitätsbasierte Landwirtschaft in leguminosenbasierten Anbausystemen

Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2020 – 31.01.2024

Projektleitung:

Prof. Christina von Haaren, haaren@umwelt.uni-hannover.de

Fördermittelgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der PRIMA Initiative

Zuwendungsempfänger:

Institut für Umweltplanung
Leibniz Universität Hannover
Herrenhäuser Straße 2
30419 Hannover

Danksagung und Kooperationen:

Unser Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Förderung des Forschungsprojektes.

Wir bedanken uns außerdem bei unserem Projektkoordinator Federico Martinelli, sowie bei allen LEGU-MED Konsortial- und weiteren Kollaborationspartnerinnen und -partnern, insbesondere Dulcenombre Rodriguez Navarro, Maria Camacho Martinez, Marcelino de los Mozos Pascual, Sanja Sikora, Elisa Lorenzetti, Federico Leoni and Imran Hammami.

Besonderer Dank gilt allen mitwirkenden Landwirtinnen und Landwirten und Interviewpartnerinnen und -partnern für ihre freiwillige Teilnahme an unserer Forschung.

Wir danken Frank Schaarschmidt für seine Beratung zu Versuchslayouts und Beratung und Unterstützung bei statistischen Auswertungen.

Zuletzt bedanken wir uns bei unseren studentischen Hilfskräften Svenja Blödorn, Marjan Jaber, Irene Faidini, Federico Czerwenka und Ruben Campos Delgado.

Leibniz Universität Hannover,
Institut für Umweltplanung,
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover

Schlussbericht zum Teilvorhaben: Modelle und Ansätze für eine biodiversitätsbasierte Landwirtschaft in leguminosenbasierten Anbausystemen

Verbundprojekt: Leguminosen in biodiversitätsbasierten Landwirtschaftssystemen im Mittelmeerraum
Förderkennzeichen: 01DH20007

Teil I: Kurzbericht

Im Rahmen des Teilvorhabens „Modelle und Ansätze für eine biodiversitätsbasierte Landwirtschaft in leguminosenbasierten Anbausystemen“ wurden zwei Arbeitspakete mit folgendem Forschungsdesign bearbeitet:

- Modelle und Ansätze zur Förderung von Biodiversität und Ökosystemleistungen (ÖSL) in leguminosenbasierten Anbausystemen (Arbeitspaket 4), mit dem Ziel den Zusammenhang zwischen Landnutzung, Umweltfaktoren, Fruchtarten und dem Output von Ökosystemleistungen und Biodiversität zu quantifizieren und neue Modelle und Ansätze zur Nutzung von Leguminosen in biodiversitätsbasierter Landwirtschaft zu entwickeln. Folgendes Forschungsdesign wurde angewendet: 1. Ableitung erster literatur-basierter Zusammenhänge mittels systematischer Literaturanalyse, 2. Erhebung von Felddaten, und 3. Entwicklung von primärdaten-basierten Ansätzen und Modellen zur Biodiversität und Ertragsfunktion.
- Entflechtung der Rolle sozio-kultureller Werte beim Wandel zu einer biodiversitätsbasierten Landwirtschaft in Leguminosensystemen (Arbeitspaket 8), mit dem Ziel Erkenntnisse zu Präferenz, Akzeptanz und lokalem Wissen über landwirtschaftliche Innovationen und Praktiken zu gewinnen. Folgendes Forschungsdesign wurde angewendet: 1. Ermittlung des aktuellen Wissensstands mittels Literaturanalyse, 2. Erhebung von Präferenzen und Akzeptanz durch Interviews, und 3. weiterführende Literaturrecherche zu Primärquellen.

Aufgebaut werden konnte auf verschiedenen Vorarbeiten im Bereich biodiversitätsbasierte Landwirtschaft, Agroökologie, Naturschutz und Landwirtschaft, so z.B. auf Duru et al. (2015), Murphy-Bokern et al. (2017), Palomo-Campesino et al. (2018), Iniesta-Arandia et al. (2014), Bernués et al. (2019), Pröbstl-Haider et al. (2016), Plieninger et al. (2013), and Lamarque et al. (2014). Bei eigenen Vorarbeiten ist besonders das am Institut für Umweltplanung entwickelte Tool MANUELA (Managementsystem Naturschutz für eine nachhaltige Landwirtschaft) hervorzuheben (Institut für Umweltplanung 2023; Leibniz Universität Hannover 2024), sowie die Arbeiten von Haaren et al. 2008; Haaren et al. 2012; Bredemeier et al. 2015; Kramer et al. 2017; Bredemeier et al. 2018).

Ergebnisse Arbeitspaket Modelle und Ansätze zur Förderung von Biodiversität und ÖSL

Die systematische Literaturübersicht zu alternativen Anbaumethoden von Linsen- und Kichererbsen im Mittelmeerraum zeigt, dass sich die meisten Studien sich auf die chemischen Eigenschaften der Bodenqualität konzentrieren. Studien zur Biodiversität in Leguminosensystemen, besonders zur Ackerflora, sind hingegen selten. Folgende Ergebnisse zeigten sich im Review: Alternative

Anbaumethoden führten im Allgemeinen zu höheren Erträgen bei Linsen und Kichererbsen sowie beim in der Fruchtfolge nachfolgenden Getreideanbau. Der ökologische Landbau und pfluglose Bodenbearbeitung verbessern die Biodiversität und Bodenqualität, während vielfältige Fruchtfolgen die Erträge steigern. Insgesamt verbessern ökologische und konservierende Anbaumethoden die Ökosystemleistungen von Leguminosen, insbesondere bei Linsen und Kichererbsen. Eine bedeutende Wissenslücke besteht hinsichtlich der Biodiversität und kulturellen Ökosystemleistungen in Leguminosensystemen, weshalb der Fokus darauf in der folgenden Arbeit verstärkt wurde.

In den Jahren 2022 und 2023 wurden zur Entwicklung von primärdaten-basierten Ansätzen und Modellen Feldaufnahmen auf a) Feldversuchsflächen der kollaborierenden Partner des Verbundvorhabens in Spanien, Kroatien und Tunesien, und b) auf landwirtschaftlichen Feldern von Biolandbauern in Italien gemacht. In den Feldversuchen zeigten alternative Managementpraktiken im Allgemeinen keinen signifikanten Gesamteffekt auf die Diversität der Segetalflora. Betrachtet man jedoch die unterschiedlichen getesteten Managementpraktiken Unkrautmanagement, Inokulation und Anbauform einzeln, lassen sich signifikante Effekte erkennen. Das Auslassen von Unkrautbeseitigung steigerte im Durchschnitt den Artenreichtum der Segetalflora um 32,3%. Rhizobieninokulation hatte neutrale Effekte mit hoher Varianz auf die Segetalflora-Diversität. Der Effekt von Anbauformen war heterogen, wobei Monokulturanbau entweder keinen oder einen positiven Einfluss auf die Diversität hatte, und tendenziell dem Zwischenfruchtanbau überlegen war. Auf den landwirtschaftlichen Feldern wurden Modelle zu Biodiversität (Gesamtfeld, Feldmitte, Feldrand) und Ertrag (Gesamtfeld, Feldmitte, Feldrand) entwickelt, wobei die Ertragsmodelle mehr Varianz erklären (83-86%), als die Biodiversitätsmodelle (25-30%). Im Ertragsmodell spielen sowohl für das Gesamtfeld, als auch für Feldmitte- und Rand, Managementvariablen die größte Rolle (ca. 40% erklärte Varianz) und dahinter zu etwa gleichen Teilen Kontext und Umweltfaktoren. Segetalflora-Diversität hat nur einen minimalen erklärenden Einfluss. Im Biodiversitätsmodell haben für die Feldmitte Managementfaktoren den größten erklärenden Anteil. An den Feldrändern, spielen ebenfalls Umwelt- und Kontextfaktoren (je ca. 2-3%) eine Rolle. Auf Gesamfeldebene sind vor allem Kontext- (10%) und Managementfaktoren (6%) entscheidend. Signifikante Variablen in beiden Modellen, Biodiversität und Ertrag sind: Niederschlag, Reihenabstand, Fruchtfolgenlänge, Anbauform (Monokultur bzw. Zwischenfruchtanbau) und die Art der Bodenbearbeitung (konservierend oder konventionell/wendend).

Ergebnisse Arbeitspaket Entflechtung der Rolle sozio-kultureller Werte

Die ergänzende Literaturanalyse mit einem reinen Fokus auf den sozio-kulturellen Werten von Leguminosen zeigt, dass bisher nur wenige wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Themenkomplex existieren. Die meisten der identifizierten Arbeiten befassten sich mit der typisch mediterranen Ernährung und ihren Auswirkungen, die Studien zeigen eine mäßig bis geringe Einhaltung der mediterranen Ernährung und einen Rückgang des Konsums von Leguminosen in Spanien und Italien. Andere kulturelle Werte von Leguminosen oder induzierte kulturelle Leistungen werden in wissenschaftlichen Artikeln kaum behandelt.

Die durchgeführten Interviews aus dem Jahr 2022 zeigen, dass kulturelle Ökosystemleistungen aufgrund von Leguminosenanbau von lokalen Interessensvertretern als besonders wichtig wahrgenommen werden. Am höchsten bewerten die Befragten den Sense of Place und die Ästhetik ihrer vom Leguminosenanbau geprägten Landschaft. Auch die Erholungsfunktion wird als besonders hochwertig wahrgenommen. Von den landwirtschaftlichen Maßnahmen werden Blühstreifen und Zweifruchtanbau ausschließlich positiv wahrgenommen. Feldrandbepflanzungen werden im Allgemeinen auch positiv wahrgenommen, einzig die Auswirkungen auf das kulturelle Erbe und den Sense of place werden negativ empfunden. Bei den Interviews aus dem Jahr 2023 wurden Leguminosen vor allem mit gastronomischen Aspekten assoziiert, es gibt eine Vielzahl von traditionellen verbreiteten Rezepten und Ritualen mit Bezug zu Leguminosen.

Durch die Sammlung von spanischen Gedichten und weiteren Primärquellen konnte zudem eine breite Grundlage für weitere Arbeiten zu dem Themenkomplex geschaffen werden.

Literatur

- Bredemeier B, Haaren C von, Rüter S, Reich M, Meise T (2015) Evaluating the nature conservation value of field habitats: A model approach for targeting agri-environmental measures and projecting their effects. *Ecological Modelling*, 295:113–122
- Bredemeier B, Sybertz J, Haaren C von, Matthies S, Reich M, Weller M, Kempa D (2018) Ergebnisbericht aus dem Forschungsvorhaben „ Firmen fördern Vielfalt “. Praxistaugliche Erfassung, Bewertung und Darstellung der Biodiversität auf Zulieferbetrieben von Nahrungsmittelunternehmen
- Duru M, Therond O, Martin G, Martin-Clouaire R, Magne M-A, Justes E, Journet E-P, Aubertot J-N, Savary S, Bergez J-E, Sarthou JP (2015) How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4):1259–1281
- Haaren C von, Hachmann R, Blumentrath S, Lipski A, Weller M, Hülsenbergen K-J, Siebrecht N (2008) Softwaregestütztes Naturschutzmanagement auf landwirtschaftlichen Betrieben. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 40(2)
- Haaren C von, Kempa D, Vogel K, Rüter S (2012) Assessing biodiversity on the farm scale as basis for ecosystem service payments. *Journal of Environmental Management*, 113:40–50
- Institut für Umweltplanung (2023) MANUELA - Managementsystem Naturschutz für eine nachhaltige Landwirtschaft: Technische Dokumentation und Handbuch. Hannover Institutionelles Repositorium der Leibniz Universität Hannover
- Kramer M, Kunath A, Hansjürgens B, Schröter-Schlaack C, Heinz N, Gericke H-J, Weiner K, Weiland E, Haaren C von, Kempa D, Bredemeier B, Salditt G, Ptak M, Zaremba-Warneke S, Skowron P, Przeorek R, Louda J, Hrsuka V (2017) Praxisleitfaden für das Management von Biodiversität und Ökosystemleistungen in KMU und regionalen Wertschöpfungsketten, Zittau
- Lamarque P, Meyfroidt P, Nettié B, Lavorel S, Reinhart KO (2014) How ecosystem services knowledge and values influence farmers' decision-making. *PLoS ONE*, 9(9):107572
- Leibniz Universität Hannover (2024) MANUELA - Managementsystem Naturschutz für eine nachhaltige Landwirtschaft – Institut für Umweltplanung – Leibniz Universität Hannover. Available from <https://www.umwelt.uni-hannover.de/de/forschung/kooperationen/manuela> (accessed June 2024)
- Murphy-Bokern D, Stoddard FL, Watson CA (eds) (2017) Legumes in cropping systems. CABI, Wallingford
- Palomo-Campesino S, González JA, García-Llorente M (2018) Exploring the connections between agroecological practices and ecosystem services: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(12):4339
- Plieninger T, Dijks S, Oteros-Rozas E, Bieling C (2013) Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33:118–129
- Pröbstl-Haider U, Mostegl NM, Kelemen-Finan J, Haider W, Formayer H, Kantelhardt J, Moser T, Kapfer M, Trenholm R (2016) Farmers' Preferences for Future Agricultural Land Use Under the Consideration of Climate Change. *Environmental Management*, 58:446–464

Leibniz Universität Hannover,
Institut für Umweltplanung,
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover

Schlussbericht zum Teilvorhaben: Modelle und Ansätze für eine biodiversitätsbasierte Landwirtschaft in leguminosenbasierten Anbausystemen

Verbundprojekt: Leguminosen in biodiversitätsbasierten Landwirtschaftssystemen im Mittelmeerraum
Förderkennzeichen: 01DH20007

Teil II: Eingehende Darstellung

1. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

1.1. Arbeitspaket „Modelle und Ansätze zur Förderung von Biodiversität und ÖSL“

Ableitung erster literatur-basierter Zusammenhänge mittels systematischer Literaturanalyse

Zur Ableitung erster literatur-basierter Zusammenhänge verschiedener Kontext- und Managementvariablen und Biodiversität und Ökosystemleistungen (ÖSL) in Leguminosensystemen im Mittelmeerraum wurde eine systematische Literaturanalyse („systematic review“) durchgeführt. Da im Laufe eines Literaturscreenings zur Konzeptionierung des Reviews festgestellt wurde, dass die wenigsten Primärstudien ausreichend Informationen zum Landschaftskontext oder Standortbedingungen liefern, wurde das Review auf Managementvariablen fokussiert. Ziel war daher die Zusammenfassung und Quantifizierung bisher veröffentlichter empirischer Ergebnisse zu den Auswirkungen verschiedener alternativer Bewirtschaftungsmethoden auf die assoziierte Biodiversität, sowie bereitstellende und regulierende ÖSL in mediterranen Leguminosen-Anbausystemen. Hauptaugenmerk lag, analog zum Verbundprojekt, auf Linsen und Kichererbsen, die zu den wichtigsten essbaren Leguminosen im Mittelmeerraum zählen. Daher haben wir nur die Literatur zu Linsen und Kichererbsen in Bezug auf die bereitstellende und regulierende ÖSL untersucht. Im Hinblick auf die Biodiversität wurden jedoch alle essbaren Leguminosen in dieser Synthese berücksichtigt, da die Datenverfügbarkeit zu diesem Thema sehr begrenzt ist.

Zur Auswertung der Literatur im Review wurde ein zweistufiger Ansatz verfolgt. Zunächst führten wir eine systematische Literaturrecherche durch, um Primärdaten aus Feldversuchen zu erhalten. Jede ÖSL (inkl. Biodiversität) wurde im Rahmen des Auswertungsprozesses unabhängig behandelt. In einem zweiten Schritt wurden diese Datenbanken ausgewertet. Je nach den Merkmalen des Experiments wurde entweder die gesamte Datenbank mithilfe deskriptiver Methoden zusammengefasst oder eine Teilmenge der Daten, die aus Komparator-Experimenten mit „treatment-control“-Versuchen, wurde mithilfe meta-analytischer Methoden analysiert. Für die qualitative Synthese haben wir die in den Berichten angegebenen KÖSL für Leguminosen zusammengetragen und post-hoc mit den in CICES V5.1 angegebenen KÖSL-Klassen abgeglichen. Jeder Bericht wurde so vielen Dienstleistungen zugeordnet, wie in dem Bericht direkt oder indirekt angegeben waren. Wir haben davon abgesehen, jeden Bericht einfach der KÖSL-Klasse „scientific“ zuzuordnen, nur weil eine

Forschungsarbeit zu diesem Thema veröffentlicht worden ist. Stattdessen wurde ein Bericht dann der Klasse „educational“ zugeordnet, wenn er Themen des traditionellen Wissens, der Wissensbildung oder des -transfers behandelt oder untersucht hat.

Die systematische Literaturrecherche ergab 3634 Berichte zur Biodiversität (+3 durch Schneeballsystem identifiziert), 1505 zum Ertrag, 569 zur Bodenqualität und 257 zu kulturellen Ökosystemleistungen (KÖSL). Alle Artikel wurden anhand des Abstracts auf ihre Relevanz überprüft. Davon wurden 202 Berichte zur Biodiversität, 350 zum Ertrag, 177 zur Bodenqualität und 25 zu KÖSL im Volltext gesichtet. Für die Biodiversität und KÖSL wurden alle infrage kommenden Studien zu essbaren Leguminosen berücksichtigt, für Ertrag und Bodenqualität nur Versuche zu Linsen und Kichererbsen. Für unsere Forschungsfragen kamen für die Biodiversität insgesamt 13 Berichte (11 mit Komparator) infrage. Hier wurden vor allem Erbsen (8 Berichte), Wicken (6 Berichte), Ackerbohnen (3 Berichte) oder Lupinen (1 Bericht) untersucht. Nur 2 Berichte (beide mit Komparator) untersuchten die Biodiversität von Kichererbsen. Der Anbau von Linsen wurde in keinem Bericht untersucht. Die Suche nach Bodenqualität ergab 25 (22 mit Komparator) infrage kommende Berichte. Zur Nahrungs-/Futtermittelversorgung wurden 35 Berichte (28 mit Vergleichsgruppe) in die Datenbank aufgenommen. Zu KÖSL wurden 11 Berichte final untersucht.

Die meisten Forschungsarbeiten konzentrierten sich auf die Bodenqualität, insbesondere auf die chemischen Eigenschaften, wobei eine Vielzahl von Indikatoren, insgesamt 29, zur Bewertung der Bodenleistungen herangezogen wurden. Studien zur Biodiversität in Leguminosensystemen waren am wenigsten verbreitet, wobei häufig die Ackerflora als Indikator verwendet wurde. Die in den Scope dieser Untersuchung fallenden Versuche zeigten, dass alternative Anbaumethoden im Allgemeinen zu höheren Erträgen führten, sowohl beim Anbau von Linsen oder Kichererbsen als auch beim nachfolgenden Getreideanbau. Die durchschnittlichen Kornerträge von Linsen und Kichererbsen betrugen $1484,4 \pm 665$ kg/ha bei alternativen Anbaumethoden (s. Tab. 1 und Abb. 1). Auch die Biodiversität, gemessen am Reichtum der Ackerflora, war in der Leguminosen- und nachfolgenden Getreidephase bei alternativen Anbaumethoden höher. Der Artenreichtum der Flora lag im Durchschnitt bei $10,9 \pm 4$ Arten während der Leguminosenphase (s. Tab. 1 und Abb. 1). Der ökologische Landbau wirkte sich deutlich positiv auf die Biodiversität aus, die pluglose Bodenbearbeitung auf die Bodenqualität und eine vielfältige Fruchtfolge auf den Ertrag von Linsen oder Kichererbsen bzw. den Ertrag der Folgefrucht (s. Abb. 1). In Versuchen, in denen mehrere Leistungen bewertet wurden, zeigte die pfluglose Bodenbearbeitung Vorteile sowohl für den Ertrag als auch für die Bodenqualität. Insgesamt scheint die Anwendung ökologischer und konservierender Anbaumethoden die ÖSL von Leguminosen zu verbessern, insbesondere bei Linsen und Kichererbsen (s. Abb. 2).

Tab. 1: Übersicht über die berichteten Indikatoren und Ergebnisse zu Biodiversität und Ertrag. Tabelle entnommen aus: Vollheyde et al. 2024, Legume Sc.

	indicator	effect dimension		total dataset			database entries with comparator (meta-analysis)				
		immediate	residual (phase)	n	range	mean (SD)	n	alternative practice		conventional comparator	
								range	mean (SD)	range	mean (SD)
biodiversity	arable flora species richness	x		28	5-18	9.7 (3.4)	15	5-18	10.9 (4.0)	3-16.6	9.1 (4.0)
			x (cereal) †	same as for with comparator			2	8.2-27.2	17.7 (9.5)	3-13.8	8.4 (5.4)
	arable flora simpson index	x		same as for with comparator			1	-	2.66	-	2.8
	nematodes species richness		end of growing season	same as for with comparator			1	-	7.8	-	7.7
	arthropods species richness		x (cereal) †	same as for with comparator			1	-	72	-	70
yield	grain (kg/ha)	x		76	290-2930	1307.5 (674.9)	41	577-2930	1484.4 (665.0)	512-3140	1415.4 (611.7)
			mixed (total yield from legume-cereal intercropping compared with cereal monocropping)	same as for with comparator			1	-	1906.5	-	2277
			x (cereal) ‡	same as for with comparator			11	1010-3322	2139.8 (766.7)	590-3700	1704.0 (941.1)
	biomass (kg/ha)	x		7	600-1180	788.6 (178.9)	-				
			x (cereal) ‡	same as for with comparator			1	-	3096		1502
Annotations: n = number of database entries SD = standard deviation † here flora species richness was compared as follows: the intervention was organic management including a legume within the rotation compared to conventional management with a crop rotation without or only a very low share of legumes ‡ here cereal yield was compared as follows: the intervention was a crop rotation with legumes compared to repeated cereal cropping.											

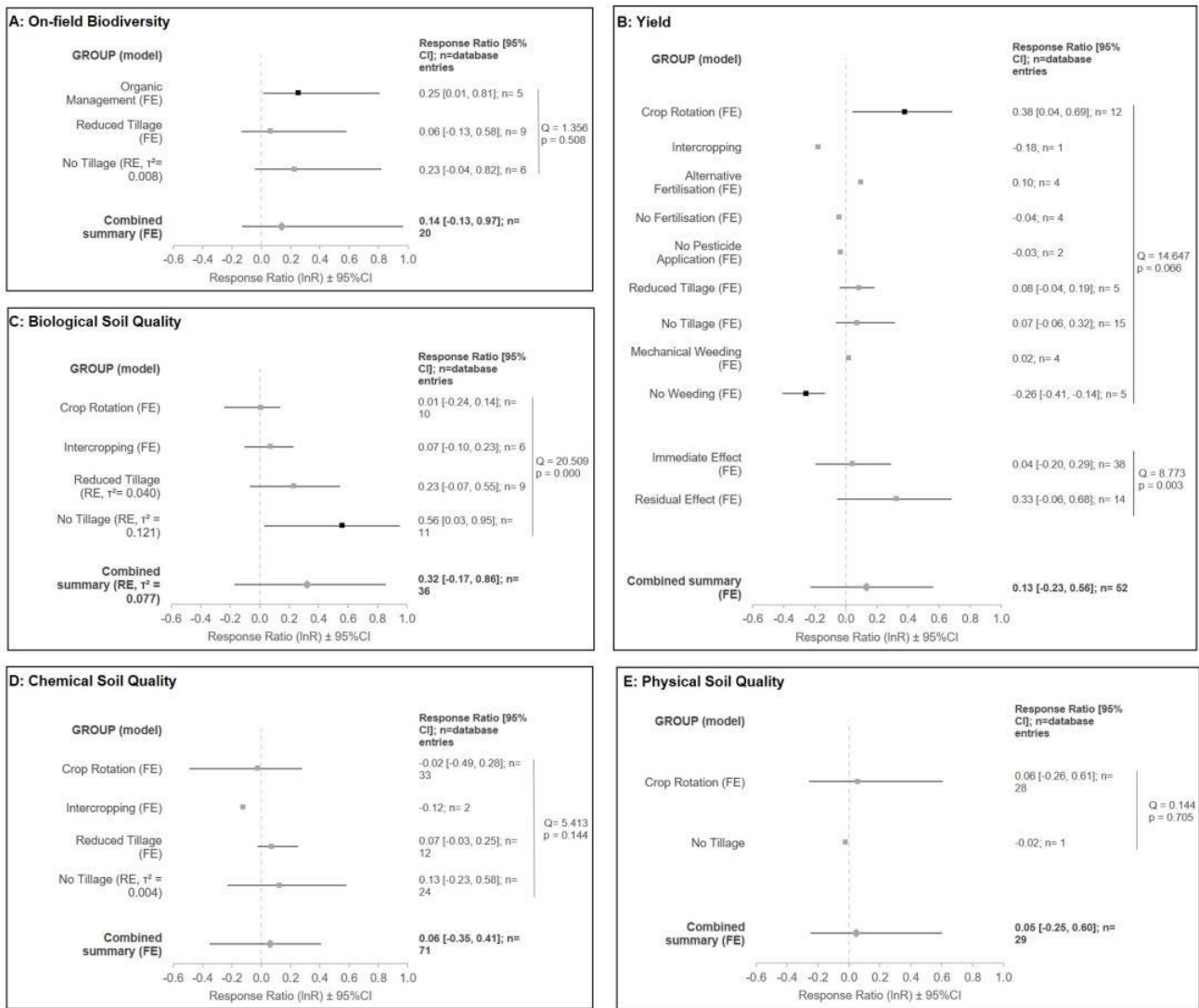


Abb. 1: Forst Plots, die die Effekte (lnR) alternativer Bewirtschaftungsmethoden auf A) die biologische Vielfalt auf dem Feld, B) den Ertrag und C-E) die Bodenqualität zeigen. Signifikante zusammenfassende Effekte (CI überschneidet sich nicht mit 0) werden mit schwarzen Markierungen dargestellt. Die kombinierte Zusammenfassung gibt die zusammenfassende Wirkung auf die gesamte Ökosystemleistung an und wird durch eine Raute dargestellt. Das statistische Modell, das zur Berechnung des zusammenfassenden Effekts verwendet wurde, ist in Klammern angegeben, wobei FE = fixed-effect model und RE = random-effects model, CI = Konfidenzintervall und n= Anzahl der Datenbankeinträge. Die Heterogenität für die Gruppierung(en) wurde mit dem Q-Test geprüft. Die vertikalen Linien zeigen die Gruppenzugehörigkeit der Testergebnisse an. Abbildung entnommen aus: Vollheyde et al. 2024, Legume Sc.



Abb. 2: Standortspezifische gepaarte Effekte (lnR) alternativer Verfahren auf zwei Ökosystemleistungen, entweder Ertrag und Vielfalt auf dem Feld (N = 6 Studien, n = 9 Datenbankeinträge) oder Ertrag und Bodenqualität (N = 6 Studien, n = 24 Datenbankeinträge). Die Symbole im Streudiagramm enthalten zwei Informationen: Die Form steht für die geprüfte Managementpraxis und die Farbe für die jeweilige untersuchte Ökosystemleistung. Abbildung entnommen aus: Vollheyde et al. 2024, Legume Sc.

In den elf untersuchten Studien wurden fünf verschiedene KÖSL-Klassen in drei Gruppen identifiziert (s. Abb. 3). Die meisten Studien berichteten über intellektuelle und repräsentative Interaktionen im Zusammenhang mit Leguminosen im Mittelmeerraum, wobei zehn der elf Studien Leguminosen als Teil der traditionellen mediterranen Ernährung und des kulturellen Erbes behandelten. In etwa einem Drittel der Studien wurde auch das traditionelle Wissen über den Leguminosenanbau hervorgehoben, und eine Studie befasste sich mit dem Wert von Leguminosensorten als Erbe. Traditionelle griechische Anbaupraktiken für Hülsenfrüchte beinhalten beispielsweise eine nicht mechanisierte Landwirtschaft und eine Fruchtfolge aus Getreide und Hülsenfrüchten, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten (Tourlouki et al. 2011, Nat. Cult.). Ähnliche Praktiken in Italien reichen bis in die Römerzeit zurück (Buonincontri et al. 2017, Archaeol Anthropol Sci). Die Erhaltung des traditionellen Wissens und der genetischen Vielfalt von Leguminosensorten wird in Italien häufig von älteren Landwirten auf kleinen Höfen praktiziert (Negri und Tosti 2002, Genet. Resour. Crop. Evol.). Darüber hinaus haben Hülsenfrüchte eine spirituelle oder symbolische Bedeutung: Sie werden in religiösen Ritualen verwendet und mit historischen Sprichwörtern in Verbindung gebracht, die die Namen von Hülsenfrüchten mit sozialen Klassen verbinden (Piergiorganni 2021, Food Cult. Soc.; Valamoti et al., 2011, Veget. Hist. Archaeobot.).

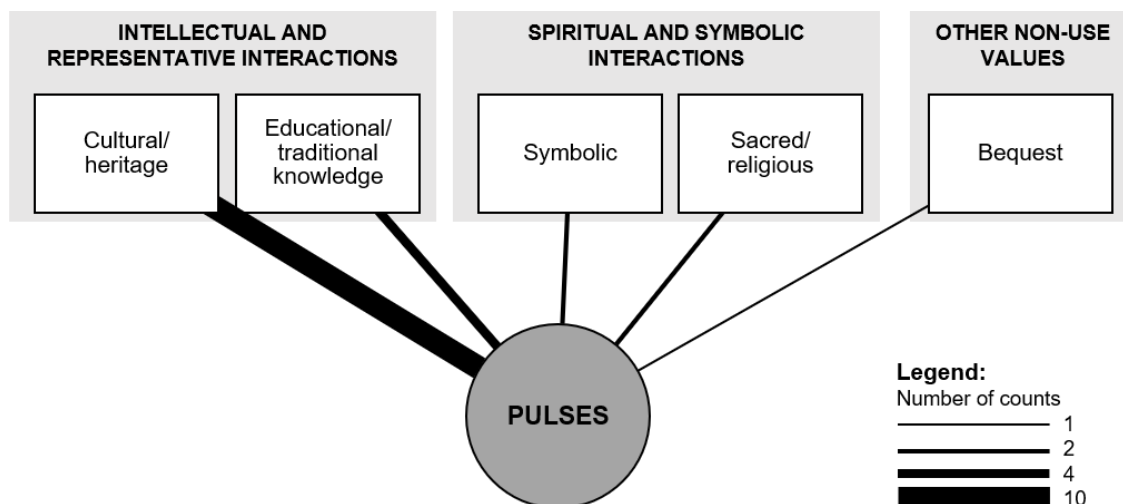


Abb. 3: Kulturelle Ökosystemleistungen im Zusammenhang mit Leguminosen (insgesamt 19 Zählungen in n= 11 Studien). Die Klassen und Gruppen folgen CICES V5.1.

Während der systematischen Literaturdurchsicht zur Entwicklung eines konzeptionellen Modells wurde eine besonders große Wissens- und Datenlücke zur Biodiversität und im Bereich der kulturellen Ökosystemleistungen (KÖSL) in Leguminosensystemen festgestellt. Daher wurde im weiteren Verlauf der Bearbeitung des Teilvorhabens, abweichend von der Vorhabensbeschreibung, ein besonderer Schwerpunkt auf diese beiden Leistungen gelegt. Hierbei liegt der Fokus der Biodiversitätserfassung bei Arbeitspaket 4 (Modelle und Ansätze) und die vertiefende Untersuchung von KÖSL bei Arbeitspaket 8 (Entflechtung der Rolle sozio-kultureller Werte).

Entwicklung von primärdaten-basierten Ansätzen und Modellen

Zur Entwicklung von primärdaten-basierten Ansätzen und Modellen für Leguminosensysteme wurden in den Jahren 2022 und 2023 Biodiversitäts-, Management-, Standort- und Landschaftsparameter Linsen- und Kichererbsenfeldern erhoben. Biodiversität wurde hierbei durch den Artenreichtum der Segetalflora operationalisiert. Die Kartierungen wurden in vier repräsentativen Mittelmeerländern - Spanien, Italien, Kroatien und Tunesien - und an zwei verschiedenen Standorten - Versuchsflächen und landwirtschaftliche Betriebe - durchgeführt. Die Versuchsflächen (Spanien, Italien, Kroatien und Tunesien) wurden untersucht, da sie erstens aufgrund der stark kontrollierten Interventions-Kontroll-Vergleiche Rückschlüsse auf die tatsächlichen Auswirkungen der Bewirtschaftungsmethoden zulassen und zweitens weniger etablierte Anbaupraktiken umfassen. Leguminosen- und Kichererbsenfelder von Biobetrieben (Toskana, Italien) wurden untersucht, um etablierte Systeme und Bewirtschaftungspraktiken zu berücksichtigen und um kontextuelle Effekte im Zusammenspiel mit Bewirtschaftungs- und Umweltfaktoren analysieren zu können. Es wurden bewusst nur Biobetriebe einbezogen, da viele Studien zu dem Schluss kommen, dass der ökologische Landbau auf Feldebene biodiversitätsfreundlicher ist als der konventionelle Landbau. Zur Kartierung der Segetalflora wurden Vegetationsaufnahmen in einem 1x2m Plot durchgeführt, wobei die Deckung der Arten auf einer kardinalen Skala geschätzt wurde. Auf den landwirtschaftlichen Feldern wurden ebenfalls 1x2m Plots kartiert, wobei hier mit einem stratifizierten Design gearbeitet wurde: es wurden je 4 zufällig platzierte Plots am Feldrand und in der Feldmitte aufgenommen. Während der Feldarbeiten wurden außerdem das Wachstumsstadium (auf der BBCH Skala), sowie die Deckung der Leguminose, als Proxy für die Biomasse,

aufgenommen. Zusätzlich wurden post-hoc Details zum Management und Ertrag der Felder und Versuchsflächen, sowie Boden- und Wetterparameter erhoben, und die Diversität der semi-natürlichen Habitate im Umkreis von 1km analysiert. Die Feldversuche wurden mittels Meta-Analyse im Hinblick auf den Effekt der getesteten Praktik ausgewertet. Die Daten der landwirtschaftlichen Betriebe wurden mit Ordinationsmethoden (Redundanzanalyse und Varianz Partitionierung) analysiert, um einflussreiche Variablen zu identifizieren und den Einfluss der betrachteten Variablengruppen (Kontext, Umwelt, Management, für Biodiversität außerdem: Aufnahmezeitpunkt, für Ertrag außerdem: Biodiversität) zu quantifizieren. Für die Felddaten wurde sowohl für Biodiversität, als auch Ertrag je drei Modelle berechnet: Gesamtfeld, Feldmitte, Feldrand.

Der Gesamteffekt der Leguminosenversuche auf die Diversität der Segetalflora war nicht signifikant, wobei die signifikante Varianz zwischen den Studien auf tatsächliche Unterschiede in den Behandlungseffekten zurückzuführen ist. Die Managementpraktiken erklärten einen Teil dieser Heterogenität, mit signifikanten Unterschieden in der Artenvielfalt der Segetalflora zwischen den getesteten Managementpraktiken. Kein Unkrautmanagement zeigte einen einheitlichen und signifikant positiven Effekt auf die Biodiversität, die im gepoolten Durchschnitt um 32,3 % zunahm, mit Ausnahme leichter negativer Effekte in zwei spezifischen Versuchen. Die Rhizobieninokulation hatte einen neutralen Effekt mit einer hohen Varianz der Ergebnisse. Auch die Anbauformen wiesen eine einige Heterogenität auf, wobei der Monokulturanbau entweder keinen oder einen positiven Effekt auf die Diversität der Segetalflora hatte. Insgesamt zeigte sich, dass der Monokulturanbau dem Zwischenfruchtanbau in Bezug auf die Förderung der Biodiversität tendenziell überlegen ist.

Das Biodiversitätsmodell für das gesamte Feld erklärt etwa 30 % der Varianz, wobei die Feldzone hier der einzige statistisch signifikante Faktor ist, der den Artenreichtum der Wildflora und den Shannon-Index beeinflusst. Randparzellen weisen einen höheren Artenreichtum und einen höheren Shannon-Index der Ackerwildkräuter auf, als Parzellen in der Feldmitte. Managementvariablen (allein ca. 6% Varianzerklärung) erklären ebenfalls einen Teil der Varianz der Biodiversität. Der Zeitpunkt der Vegetationsaufnahme allein hat keinen Einfluss auf die Biodiversitätsergebnisse, wohl aber in Kombination mit den Bewirtschaftungspraktiken. Für Feldränder erklärt das Modell etwa 27% der Varianz. 10% erklärte Varianz sind dabei auf Managementvariablen zurückzuführen, 3% auf Umwelt- und 2% auf Kontextfaktoren. Niederschlag, Fruchtfolgenlänge, Reihenabstand und Art der Bodenbearbeitung haben einen signifikanten Einfluss auf die floristische Diversität. Die Fruchtfolgenlänge hat einen positiven Einfluss auf die Artenvielfalt und den Shannon-Index der Segetalflora, während der Gesamtniederschlag während der Leguminosenphase stark negativ mit der Artenvielfalt korreliert. Für die Feldmitte erklärt das Modell etwa 25% der Varianz. Die Anbauform hat einen signifikanten Einfluss auf die Artenvielfalt der Segetalflora, wobei der Zwischenfruchtanbau einen hohen Shannon-Index aufweist, während der Artenreichtum in Monokulturen höher ist. Die Managementvariablen tragen am meisten zur Varianz der Biodiversität im Feldzentrum bei (ca. 9%, mit Kontextvariablen zusätzlich ca. 4%).

Das Ertragsmodell für das gesamte Feld erklärt etwa 85 % der Varianz. Die meisten Variablen, mit Ausnahme der Feldzone, der organischen Substanz und der Biodiversität, beeinflussen Linsen- und Kichererbsenertrag signifikant. Die Fruchtfolgenlänge und der Sandgehalt korrelieren positiv mit der Ertragsleistung von Linsen und Kichererbsen. Die Vielfalt naturnaher Lebensräume, die Schlaggröße und die Saattiefe korrelieren positiv mit dem Leguminosendeckungsgrad (Proxy für Biomasse), aber negativ mit dem Kornertrag von Linsen und Kichererbsen. Bewirtschaftungsfaktoren sind für ca. 42% der Varianz verantwortlich, während Umwelt- und Kontextfaktoren ebenfalls eine wichtige Rolle spielen (ca. 18% bzw. 19% erklärte Varianz). Die Artenvielfalt der Flora hat einen minimalen Einfluss. Für die Feldränder erklärt das Modell ca. 83 % der Varianz. Es werden ähnliche Muster wie im gesamten Feld beobachtet, wobei die organische Substanz einen signifikanten Einfluss auf die Versorgungsleistung von Linsen und Kichererbsen hat. Die Fruchtfolgenlänge korreliert positiv mit beiden Ertragsindikatoren. Management ist der wichtigste Einflussfaktor (ca. 40% erklärte Varianz), während Kontext- und Umweltfaktoren eine geringere Rolle spielen (6% und 5% erklärte Varianz). Die Diversität der Segetalflora hat einen minimalen Einfluss. Für die Feldmitte erklärt das Modell 86 % der Varianz. Die meisten

Variablen, mit Ausnahme der Feldgröße, des Gehalts an Lehm und organischer Substanz, der Anzahl der Feldüberfahrten und der Ackerwildkrautvielfalt, tragen signifikant zum Modell bei. Die Fruchtfolgevielfalt und der Sandgehalt korrelieren stark positiv mit der Versorgungsleistung von Linsen und Kichererbsen. Die Managementfaktoren machen etwa 43% der Varianz aus, wobei die Umweltbedingungen (19% erklärte Varianz) und die Kontextvariablen (20% erklärte Varianz) ebenfalls einen Beitrag leisten. Die Artenvielfalt der Segetalflora hat einen sehr schwachen Einfluss.

1.2 Arbeitspaket „Entflechtung der Rolle sozio-kultureller Werte“

Erfassung des Wissensstands mittels systematischer Literaturanalyse

Zur Entflechtung der Rolle sozio-kultureller Werte beim Wandel zu einer biodiversitätsbasierten Landwirtschaft in Leguminosensystemen wurde eine ergänzende Literaturanalyse mit dem alleinigen Fokus auf die erbrachten kulturellen Ökosystemleistungen durchgeführt. Wie auch bei dem Verbundprojekt und den Arbeiten an Teilpaket 4 wurde die Suche auf essbare Leguminosen begrenzt und auf Ergebnisse aus den Länder Italien und Spanien fokussiert, um einen schnellen Austausch und eine reibungsfreie Durchführung der geplanten Interviews zu gewährleisten. Für die Literaturanalyse wurden die Datenbanken von Web of Science und Google Scholar anhand von Kombinationen aus Schlüsselwörtern und Booleschen Operatoren durchsucht. Abb. 4 stellt den zweistufigen Screeningprozess dar. Die Literatursuche ergab 213 Berichte im Abstract-Screening, von denen 53 im Volltext gesichtet wurden. Final eigneten sich nach dem Screening 30 Berichte für die weitere Analyse.

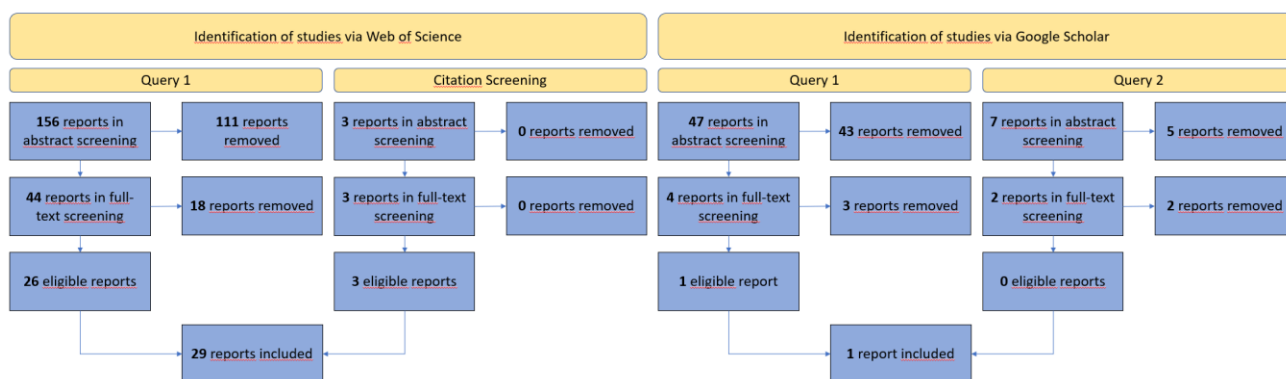


Abb. 4: Identifizierte Studien und Screening Prozess der Literaturanalyse

Die meisten, nämlich 27 der 30 Studien, befassten sich mit Ernährung und Diät. Darüber hinaus wurden nur sehr wenige Studien zu anderen kulturellen Werten von Hülsenfrüchten gefunden, was auf weiteren Forschungsbedarf hinweist. Viele der Arbeiten, die sich mit Ernährungsmustern befassen, untersuchen die Einhaltung der mediterranen Ernährung. Auch wenn der Verzehr von Hülsenfrüchten nur ein Faktor von vielen ist, zeigen die bisher untersuchten Studien eine insgesamt mäßige bis geringe Einhaltung der Mediterranen Diät (MD) in Spanien und Italien. Tognon et al. (2014, Int. J. Obesity) stellten fest, dass 51 % der italienischen und 66 % der spanischen Kinder (2-9 Jahre) eine durchschnittliche oder schlechte Einhaltung der mediterranen Ernährung aufweisen. Roccaldo et al. (2014, Int. J. Food Sci. Nut.) beschreiben eine noch schlechtere Einhaltung der MD für italienische 8- bis 9-Jährige Kinder und berichten von 62 % mit durchschnittlicher und 33 % mit schlechter Einhaltung der MD, was unter anderem auf den geringen Verzehr von Hülsenfrüchten zurückzuführen ist. Noale et al. (2014, Nut. Res.) stellten fest, dass sich Jugendliche aus Süditalien im Durchschnitt besser an die MD halten als Jugendliche aus Norditalien. Die Gesamtsituation scheint bei den Erwachsenen in Spanien nicht anders zu sein, wo nur 28 % der Männer und 23 % der Frauen auf den Balearen eine hohe Befolgung der MD aufweisen (Del Mar Bibiloni 2017, Nutrients). Während die meisten Studien die Mediterrane Diät im Allgemeinen untersuchen, befassen sich einige auch speziell mit Hülsenfrüchten. 42 % der spanischen Erwachsenen halten sich nicht an die Empfehlungen zum Verzehr von Hülsenfrüchten (Norte Navarro & Ortiz Moncada 2011, Nut. Hosp.). Der Verzehr von Hülsenfrüchten in Spanien ist zwischen 1964

und 2012 stark, insgesamt um 73 %, zurückgegangen (Partearrayo et al. 2019, Nut. Hosp.). Der durchschnittliche Verbrauch von 41 g/Tag im Jahr 1964 sank auf 10 g/Tag im Jahr 2001. Der Rückgang stoppt dann und der durchschnittliche Konsum liegt 2012 bei 10,9 g/Tag. Für italienische Erwachsene scheinen die Daten sehr ähnlich zu sein; die Studien weisen auf einen durchschnittlichen täglichen Konsum von 10,7 bis 12,4 g/Tag hin. Nur bei den 8- bis 9-Jährigen in Italien ist der Verbrauch von Hülsenfrüchten mit 16,9 g/Tag höher.

Drei Arbeiten zeigen interessante Ergebnisse hinsichtlich der weiteren kulturellen Bedeutung von Hülsenfrüchten. Herrero und Cardano (2015, Bot. Sciences) analysierten 7.012 traditionelle Volkslieder aus Castilla y León in Spanien und fanden heraus, dass Pflanzen in 1.316 Liedern erwähnt wurden. Diese enthielten 2.756 botanische Zitate, unter denen Hülsenfrüchte 100 Mal erwähnt wurden, was 3,6 % aller botanischen Zitate entspricht, was darauf hindeutet, dass Hülsenfrüchte in der lokalen Kultur eine bedeutende Rolle spielen. Piergiovanni (1999, Gen. Res. Crop Evo.) stellte fest, dass die gesamte italienische Hülsenfrüchteproduktion im Allgemeinen und die Linsenproduktion im Besonderen zwischen 1956 und 1996 stark zurückgegangen ist. Der starke Rückgang wird durch die hohen Produktionskosten, die fehlende Zucht zur Verbesserung der Leistung, und das fehlende Interesse der Landwirte. Ob diese auf fehlendes Interesse der Konsumenten reagiert haben oder ob das fehlende Angebot die Konsumenten beeinflusst hat ist ungeklärt. In der Folge verschwinden aber die lokalen Linsensorten. Das Überleben dieser Sorten ist ungewiss, da die kleinen Gemeinschaften, die sie anbauen, profitablere Tätigkeiten in der Landwirtschaft vorziehen. Die Entwicklung des Bewusstseins der lokalen Bevölkerung für den Wert der lokalen Sorten als Teil des kulturellen Erbes einer Region oder eines Landes spielt offenbar eine entscheidende Rolle für die Erhaltung dieser Sorten (ebd.). Dies unterstreicht die Bedeutung kultureller Werte und den Nutzen, den sie auch für die Erhaltung von lokalen Sorten haben können. Hülsenfrüchte hatten in der Region Apulien in Süditalien historisch gesehen eine große Bedeutung für religiöse und gesellschaftliche Ereignisse (Piergiovanni 2021, Food Cult. Soc.). Viele Sprichwörter und Ausdrücke standen im Zusammenhang mit den wichtigsten Anbaumaßnahmen (wie Aussaat, Unkrautjäten und Ernte) und waren mit der sozialen Schicht der Landwirte verbunden, z. B. „Bohnenfresser“ als Hinweis auf die niedrigste soziale Schicht. Heutzutage sind viele mit Hülsenfrüchten verbundenen Überzeugungen und Sprüche nicht mehr Teil der apulischen Kultur, auch wenn einige Rituale und Feste immer noch gefeiert werden, bei denen der Verzehr von Hülsenfrüchten meist kommunikative Funktionen übernimmt und zu einem kulturellen Symbol der Gruppenzugehörigkeit wird.

Interviews zur Erhebung von Wahrnehmung, Präferenz und Akzeptanz

Um Erkenntnisse zu der Wahrnehmung von leguminosengeprägten Landschaften sowie der Präferenz und Akzeptanz von biodiversitätsfördernden Maßnahmen zu gewinnen wurden im Jahr 2022 Interviews mit lokalen Interessensvertretern in der Region mit geschützter geografischer Angabe Castelluccio di Norcia in Mittelitalien durchgeführt, wobei wir einen Methodenmix aus quantitativen und qualitativen Methoden verwendeten. In einem ersten Schritt wurden mögliche Interessengruppen in mehrere Kategorien eingeteilt, um Verzerrungen zu vermeiden, wenn nur Interessengruppen einer Kategorie, z. B. Landwirte, befragt wurden. Folgende Kategorien wurden identifiziert: Landwirtschaft, Gemeinden, Naturschutz, Wasserwirtschaft, Tourismus, Jagd, Forstwirtschaft, Umweltbildung und Forscher. Eine Online-Suche nach diesen Kategorien im Forschungsgebiet ergab Interessenvertreter:innen, die kontaktiert und mittels eines Fragebogens befragt wurden. Der Fragebogen enthielt offene und geschlossene Fragen und war in vier Abschnitte unterteilt: die Wahrnehmung von Ökosystemleistungen, die Wahrnehmung der Auswirkungen von landwirtschaftlichen Praktiken, die Bewertung der Triebkräfte des Wandels und die Visionen für die zukünftige Entwicklung der Landschaft. Die Daten wurden größtenteils durch Interviews vor Ort und einige wenige Online-Interviews erhoben. Die Teilnehmer wurden gebeten, die geschlossenen Fragen (Fragen auf der Beliebtheitskala) selbst auszufüllen, und die Antworten auf die offenen Fragen wurden vom Interviewer notiert. Die Datenanalyse wurde in R mit dem Paket qmethod durchgeführt, wobei Q-Sortierungen zum Einsatz kamen, die nach Ähnlichkeiten gruppiert und in drei verschiedenen Visionen zusammengefasst wurden.

Tab. 2: Informationen zu den interviewten Interessensvertretern

Stakeholder category	Number (/22)	%
Sector		
Agriculture	6	27
Nature conservation	3	14
Government: municipality	2	9
Agricultural association	4	18
Tourism	1	5
Forestry	1	5
National park technical staff	2	9
Research association	2	9
Cultural association	1	5
Gender		
Male	17	77
Female	5	23
Educational level		
Middle school diploma	4	18
High school diploma	8	36
Bachelor degree	1	5
Master degree or higher	9	41
Response at section1 questions	22	100
Response at section2 questions	15	68
Response at section3 questions	22	100
Response at Q-sort	19	86
Age		
25-40	8	36
41-55	7	32
>55	7	32

Insgesamt nahmen 22 Interessensvertreter aus neun verschiedenen Sektoren an der Studie teil. Tab. 2 gibt einen allgemeinen Überblick über den Arbeitsbereich, das Geschlecht, das Alter, das Bildungsniveau und die Anzahl an Antworten pro Abschnitt. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die meisten der befragten Akteure im Agrarsektor arbeiten oder dem Verband der italienischen Landwirtschaft angehören. Wie aus Abb. 5 hervorgeht, werden die kulturellen ÖSL im Allgemeinen als sehr wichtig wahrgenommen, wobei „Sense of Place“ und „Ästhetik“ über alle ÖSL hinweg die höchste Punktzahl erhielten und auch „Erholung“ sehr gut abschnitt. Die hohe Punktzahl hängt wahrscheinlich mit der allgemeinen Schönheit der Landschaft zusammen, die durch die Blüte der Linsfelder gekennzeichnet ist und jedes Jahr viele Touristen anzieht. Es kann festgestellt werden, dass „Sense of Place“ ein wichtiger Wert für Landwirte und landwirtschaftliche Leistungen ist, da landwirtschaftliche Erzeuger im Allgemeinen eine starke Bindung zu ihrem Land haben. Die Linsenproduktion ist für viele Landwirte auch ein Grund zum Stolz, wodurch ihr „Sense of Place“ und die

Bedeutung des Erhalts der Landschaft, der Erhaltung der ästhetischen Qualität und der Anziehung von Touristen gestärkt werden. Die kulturellen ÖSL „kulturelles Erbe“ und „Spiritualität“ werden mittelhoch bewertet.

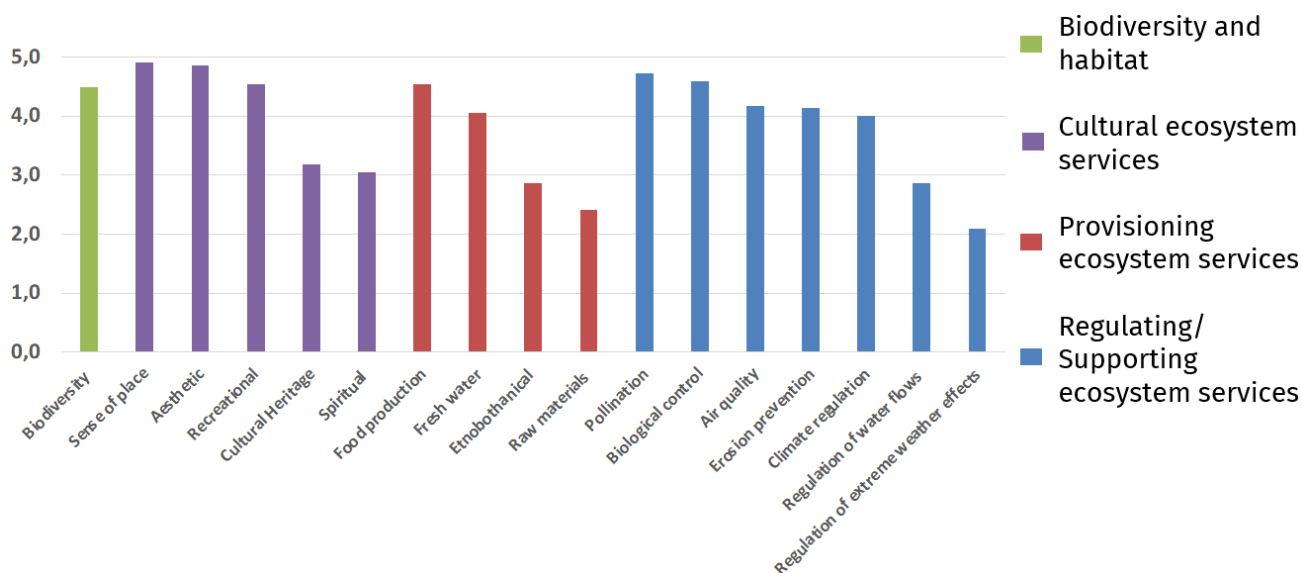


Abb. 5: Wahrnehmung der Ökosystemleistungen. Die Diagramme zeigen die durchschnittliche Bewertung auf einer Skala von 0 bis 5 für die in den Interviews bewerteten Ökosystemleistungen

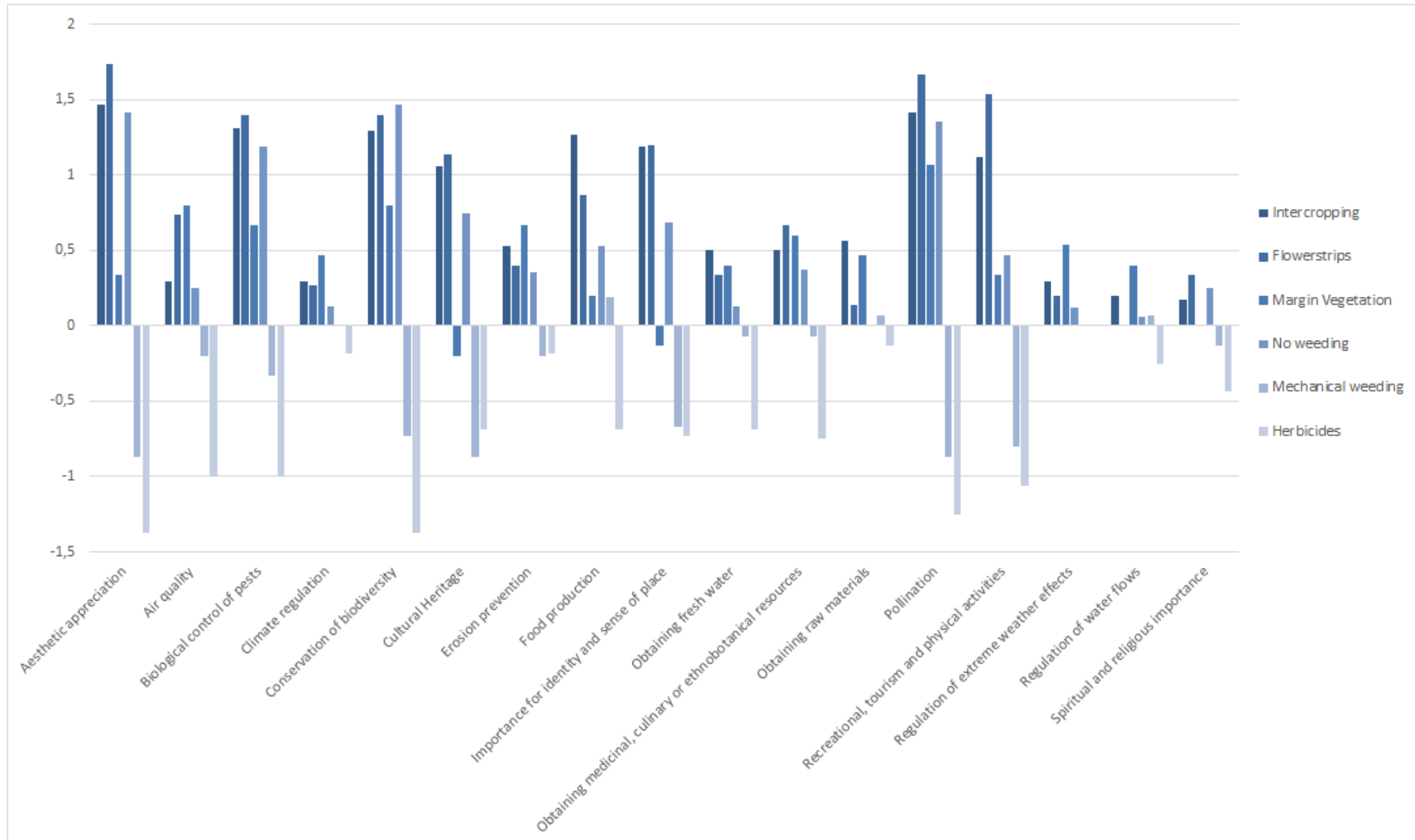


Abb. 6: Wahrnehmung der Auswirkungen ausgewählter landwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Ökosystemleistungen

Abb. 6 stellt ausgewählte Ergebnisse zu den Auswirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf die ÖSL dar. Die interessantesten Daten wurden zu solchen Maßnahmen ermittelt, die sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die ÖSL haben. Nach der Wahrnehmung der Teilnehmer haben Feldrandbepflanzung einen negativen Einfluss auf das kulturelle Erbe und ihren „Sense of Place“, vor allem weil die zusätzliche Vegetation die Landschaft visuell verändern könnte. Dies würde ihren „Sense of Place“ stark beeinträchtigen, da sie stolz auf ihre Landschaft in ihrem derzeitigen Zustand ohne Feldrandbepflanzungen sind. Zudem wurde die mechanische und chemische Unkrautbekämpfung überwiegend negativ wahrgenommen, insbesondere auch in Bezug auf die kulturellen Ökosystemleistungen wie ästhetische Wertschätzung, kulturelles Erbe, „Sense of Place“ sowie Erholungs- und Tourismusaktivitäten. Die Auswirkungen des Zwischenfruchtanbaus auf die ÖSL werden nur als positiv wahrgenommen, ästhetische Wertschätzung, kulturelles Erbe, „Sense of Place“ sowie Freizeit- und Tourismusaktivitäten gehören zu den am höchsten bewerteten ÖSL. Auch Blühstreifen werden nur positive Auswirkungen zugeschrieben, insbesondere für die kulturellen Leistungen ästhetische Wertschätzung und Freizeit- und Tourismusaktivitäten. Auch das Einhalten einer Fruchtfolge, keine Bodenbearbeitung, keine Unkrautbekämpfung und keine chemischen Düngemittel werden auf alle ÖSL positiv wirkend wahrgenommen. Der Einsatz von Herbiziden hingegen wird als eine Maßnahme ohne positive Auswirkungen auf alle ÖSL wahrgenommen.

Die Ergebnisse zur Wahrnehmung der Triebkräfte des Wandels weisen auf eine erhebliche Bedeutung der kulturellen Ökosystemleistungen hin. Veränderungsfaktoren, die sich positiv auf die kulturellen Leistungen auswirken, wurden auch in diesem Effekt positiv wahrgenommen, während diejenigen mit negativen Auswirkungen auf die kulturellen Leistungen negativ wahrgenommen wurden. Dies ist bedeutungsvoll insbesondere bezüglich Maßnahmen wie Unkrautbekämpfung, da dadurch gute Chancen bestehen Zielkonflikte zwischen Produktion und anderen ÖSL mit hoher Akzeptanz aufzulösen. Die kulturell relevante Triebkräfte des Wandels der Landnutzung und Landschaft wurden wie folgt bewertet („-“ = als negativ Wahrgenommen, „+“ = als positiv wahrgenommen): die Aufgabe der Landbewirtschaftung (- 1,75), die fehlende Aufklärung über die Werte der Landschaft (- 1,7), der Verlust der kulturellen Identität (- 1,1), die Veränderung von Landschaftselementen (- 0,85), die Extensivierung der landwirtschaftlichen Praktiken (+ 0,25) und Sportaktivitäten in der Landschaft (+ 0,7). In Verbindung mit dem stark präsenten Wert des „Sense of Place“ und des lokalen Kulturerbes werden beispielsweise die Auswirkungen einer fehlenden Aufklärung über die Werte der Landschaft und über die Frage der Landaufgabe als negativ wahrgenommen. Ohne eine solide Information über die Bedeutung der lokalen Ökosysteme, ihren Wert, die Rolle der Agrarlandschaft und die Bedeutung der Produkte mit geschützter geografischer Angabe könnten künftige Generationen die Verbindung zu ihrer Heimat verlieren, was zu einer Aufgabe dieser Gebiete führen würde.

Für das Jahr 2023 wurden ergänzende Experteninterviews in Spanien und Italien vorbereitet. Der hierzu entwickelte achtseitige Fragebogen besteht aus einem qualitativen und einen quantitativen Teil. Der qualitative Teil besteht aus zehn offenen Hauptfragen, von denen einige mit Folgefragen verbunden sind, wenn die Hauptfrage positiv beantwortet wird. Der quantitative Teil besteht aus zehn Fragen mit geschlossenen Antworten. Die ersten sechs Fragen beziehen sich auf die Bedeutung von Linsen oder Kichererbsen für das kulturelle Erbe, die lokale Ernährung, den „Sense of Place“, den ästhetischen Wert der Landschaft, den Erholungswert und die spirituellen oder religiösen Werte. Die Befragten können auf einer Beliebtheitskala von 1 (nicht wichtig) bis 5 (sehr wichtig) antworten. Die letzten vier Fragen beziehen sich auf die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die kulturellen Ökosystemleistungen. Zur Identifikation geeigneter Interviewpartner wurden zuerst Regionen und Provinzen mit den höchsten relativen Anteilen an angebauten Linsen und Kichererbsen ausgewertet. Anschließend wurden Tourismusverbände, Landwirtschaftsverbände und Verbänden für Hülsenfrüchte, Kichererbsen und Linsen in den ermittelten Regionen und Provinzen identifiziert. Die Verbände wurden ausgewählt, weil davon auszugehen ist, dass sie einen guten Einblick in ihre jeweilige Region oder Provinz haben und die Bedeutung und Rolle von Hülsenfrüchten für die lokale Kultur gut abschätzen können. Insgesamt wurden 37 Verbände mehrfach durch spanisch- bzw. italienischsprachige studentische Hilfskräfte kontaktiert. Trotz mehrfacher Kontaktaufnahme konnten auf diesem Wege keine Interviewpartner gewonnen werden. Aufgrund des geringen Rücklaufs haben wir zusätzlich 11 Experten kontaktiert und zwei Interviews durchführen können, mit einem Interviewpartner

aus Italien (Universität) und einem aus Spanien (Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften). Aufgrund der sehr wenigen Interviews wurde auf eine quantitative Auswertung verzichtet. Beide Befragten assoziieren Linsen und Kichererbsen zunächst mit gastronomischen Aspekten, der Mittelmeerdiet, Gesundheit und Nährstoffen. Linsen oder Kichererbsen sind in den Regionen der beiden Befragten (Spanien: Kastilien-La Mancha; Italien: Marken/Marche) wichtig für die lokale Kultur. Hülsenfrüchte im Allgemeinen und Linsen im Besonderen haben eine lange Geschichte und sind wichtig für das kulturelle Erbe, insbesondere als Nährstofflieferant und aufgrund der schönen Blütezeit. In der Region Marken werden Linsen zwischen dem 31. Dezember und dem 1. Januar bewusst verzehrt, da sie die Menschen an Geld erinnern und im neuen Jahr Glück und Geld bringen sollen. Darüber hinaus erwähnte der italienische Befragte drei lokale Feste, die sich um Hülsenfrüchte drehen oder diese einschließen. Linsen und Kichererbsen sind in beiden Regionen ein wichtiger Bestandteil der lokalen Ernährung; es gibt traditionelle Rezepte, die manchmal in lokalen Restaurants angeboten werden. Linsen und Kichererbsen tragen zur lokalen Identität von Kastilien-La Mancha und Marken bei, zumal beide Regionen zu den größten Erzeugern in ihren jeweiligen Ländern gehören. Bilder von Linsen werden häufig für die Tourismuswerbung in Kastilien-La Mancha verwendet. Beide Interviewpartner empfinden den Anbau von Linsen und Kichererbsen als Verschönerung der Landschaft, insbesondere während der Blütezeit. Ein besonderer Erholungswert der Hülsenfrüchte, abgesehen von der ästhetischen Qualität der Landschaft, ist beiden Befragten nicht bekannt. Die Befragten hatten zudem keine Kenntnisse zu der spirituellen oder religiösen Bedeutung von Linsen oder Kichererbsen.

Ermittlung und Auswertung weiterer Primärquellen

Um weitere Rückschlüsse über die kulturelle Bedeutung aus Primärquellen zu gewinnen wurden spanische Gedichte von der Website poesiacaastellana.es gesammelt und ausgewertet. Dazu wurde ein Python-Skript entwickelt, das die Gedichte und Autoreninformationen von der Website sammelt. Das Skript verwendet die Python-Bibliotheken `request`, `beautiful soup 4` und `pandas`, um die Informationen aus der html-Datenformat der Website auszulesen. Name des Autors, das Land des Autors, Titel des Gedichts und Text des Gedichts wurden automatisch, das Jahrhundert, aus das Gedicht stammt, wurde im Nachhinein manuell erfasst. Die Ergebnisse wurden in einer `.xlsx`-Datei gespeichert. Die Gedichte wurden dann auf die Erwähnung der Schlüsselwörter "Legumbres", "Leguminosas", "Légumes", "Leguminosen", "Legum*", "Garbanzo", "Lenteja" und "Lentillas" untersucht. Der Kontext, in dem die Hülsenfrüchte erwähnt werden, wurde für alle Gedichte analysiert, die eines der Schlüsselwörter erwähnen und von spanischen Autoren verfasst wurden. Insgesamt wurden 22.369 einzelne spanische Gedichte gesammelt. "Legumbres" wurden in neun Gedichten erwähnt, von denen zwei von spanischen Autoren verfasst wurden. Die Suche nach "Legum*" führte zu drei weiteren Gedichten, in denen Hülsenfrüchte erwähnt werden, wobei eines von einem spanischen Autor verfasst wurde. Die Suche nach "Garbanzo" führte zu acht Gedichten, in denen Kichererbsen erwähnt werden, fünf davon von spanischen Autoren. Die Suche nach "Lenteja" lieferte acht weitere Ergebnisse, drei davon von spanischen Autoren. Insgesamt erwähnten 28 der 22.369 spanischen Gedichte eines unserer Schlüsselwörter, das sind 0,125 %. Elf der 28 identifizierten Gedichte wurden von spanischen Autoren verfasst. In diesen Gedichten wurden Hülsenfrüchte, Linsen oder Kichererbsen achtmal im Zusammenhang mit der Ernährung, zweimal mit der Landschaft und einmal mit der Gartenarbeit erwähnt (s. Tab. 3). Die Gedichte wurden zwischen dem 12. und dem 20. Jahrhundert geschrieben. Alle anderen Stichwörter lieferten keine Ergebnisse.

Um abschließend weitere Primärquellen zu den kulturellen Werten von Hülsenfrüchten zu finden, haben wir über die Suchmaschine Google eine allgemeine Literatursuche mit Schlüsselwortkombinationen durchgeführt. Die Suchmaschine wurde so konfiguriert, dass sie vorzugsweise Ergebnisse aus dem jeweiligen Land anzeigt. Wir berücksichtigten die ersten 20 Ergebnisse für jede Stichwortkombination und prüften ihre inhaltliche Relevanz. Wir haben mehrere Websites und Dokumente zu Rezepten, Kochbüchern, Sprichwörtern, Gedichten und anderen Themen gefunden, die detailliert in dem Zwischenbericht des Jahres 2023 aufgeführt werden.

Tab. 3: Identifizierte Gedichte mit der Erwähnung von Hülsenfrüchten, Linsen oder Kichererbsen

Schlüsselwort	Autor	Land	Titel	Jh.	Kontext
Legumbres	alabau, magali	Cuba	Cuántos lugares he perdido		
	españa, aristóteles	Chile	NIÑO CONTEMPLANDO UNA ISLA EN PUNTA ARENAS		
	Bobadillay lunar, emilio	Cuba	COSECHA DE CABEZAS		
	ulloa, luis de	Spain	A MIGUEL ZEBOLLÓN ENFERMO DEL JUICIO	17 th	Garten
	vivanco, luis felipe	Spain	EL INVIERNO	20 th	Landschaft
	cruchaga, andré	El Salvador	ARTE DE SÍLABAS		
	rokha, pablo	Chile	EPITAFIO EN LA TUMBA DE JUAN EL CARPINTERO		
	lozano, manuel	Argentina	ASAMBLEA DE QUIENES LLORAN ENTRE NOSOTROS		
	granado, javier del	Bolivia	CANATA		
Legum*	garcía goyena, rafael	Spain	EL BUEY Y LA SERPIENTE	18 th	Ernährung
	carrera andrade, jorge	Ecuador	CUADERNO DEL PARACAIDISTA		
	neruda, pablo	Chile	Desde hace mucho tiempo la tierra te conoce		
Garbanzo	padorno navarro, manuel	Spain	NUNCA SERÁN LOS DÍAS TAN PROPICIOS	20 th	Landschaft
	cinetto, liliana cristina	Argentina	PELEAS EN LA COCINA		
	melgar, mariano	Perú	LAS ABEJAS		
	edmundo de ory, carlos	Spain	España Mística	20 th	Ernährung
	martínez villergas, juan	Spain	ROMANCE HISTÓRICO	19 th	Ernährung
	roldán manjón-cabeza, antonio	Spain	LUCENA 15 DE SEPTIEMBRE DE 1950	20 th	Ernährung
	dávila andrade, césar	Ecuador	CANCIÓN A LA CADENA DEL BLANCO AMOR		
	hermanos quintero, serafín y joaquín Álvarez	Spain	El cuartito de hora	20 th	Ernährung
Lenteja	rodríguez castillo, luís (filonilo catalina)	Perú	POEMA PARA MACHOS		
	cinetto, liliana cristina	Argentina	PELEAS EN LA COCINA		
	martins, floriano	Brasil	NATURALEZA MUERTA		
	beneito i cuñat, maria	Spain	Tú y las lentejas	20 th	Ernährung
	cea, josé roberto	El Salvador	YO EL BRUJO		
	halevi yehudah ben, samuel	Spain	Reflexiones y Adivinanzas	12 th	Ernährung
	quílez lucas, cecilia	Spain	ESTE MAL ÁCIDO	20 th	Ernährung
	deligne, gastón fernando	Dominican Republic	OLOLOI		

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der Großteil der Fördermittel wurde für Personal- und Reisekosten verwendet. Im Projekt konnten damit folgende Aufgaben ausgeführt werden:

- Durchführung eines systematischen Literaturreviews
- Ausführliche Literaturrecherche zu kulturellen Werten
- Kartierung der Segetalflora auf Versuchsflächen der Verbundpartner und auf Feldern von Bio-Landwirten in zwei aufeinanderfolgenden Jahren
- Erhebung der Managementdaten der kollaborierenden Partner und Landwirte
- Auswertung der Felddaten im Hinblick Wirkfaktoren von Management, Landschaftskontext und Standortbedingungen auf Biodiversität und Ertrag in Leguminosensystemen
- Durchführung und Analyse von Interviews mit Unterstützung durch Muttersprachler
- Koordination der Zusammenarbeit mit Projektpartnern
- Finanzberichterstattung und -planung
- Veröffentlichung der Projektergebnisse in Fachzeitschriften und auf Konferenzen
- Mehrfache Teilnahme an gemeinsamen Konsortiumstreffen

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Essbare Leguminosen können einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft leisten, unter anderem da sie eine pflanzliche Eiweißquelle für die menschliche Ernährung sind, in der Symbiose mit Rhizobien-Bakterien Stickstoff fixieren und zur Diversifizierung von Agroökosystemen beitragen können (Foyer et al. 2016, Nat. Plants; Stagnari et al. 2017, Chem. Biol. Technol. Agric.). Wie auch im Projektverlauf durch die systematische Literaturanalyse (Review) aufgedeckt wurde, bestanden große Daten- und Forschungslücken im Bezug auf Biodiversität und KÖSL in Linsen- und Kichererbsensystemen im Mittelmeerraum. Das Forschungsprojekt hat einen wesentlichen Beitrag geleistet weitere Daten im Bereich assoziierte Biodiversität (Segetalflora) in Leguminosensystemen zu generieren und diese durch Datenveröffentlichungen (s. Vollheyde et al. 2024; DIB, Vollheyde & von Haaren 2024, DIB) open access zugänglich zu machen. Außerdem konnten sowohl mit der systematischen Literaturanalyse, als auch der Analyse der Felddaten erste Hebelpunkte und Managementpraktiken zur Steigerung der Biodiversitäts-“Leistung“ in Leguminosensystemen im Mittelmeerraum identifiziert werden. Die Literaturarbeit verbessert das Verständnis über die kulturelle Bedeutung von Leguminosen und bildet eine wichtige Grundlage für weitere Forschungsarbeiten. Die durchgeführten Interviews lassen wichtige Rückschlüsse über die Präferenzen und Akzeptanz von landwirtschaftlichen Maßnahmen der lokalen Akteure zu.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die gewonnenen Ergebnisse sind für die Praxis und die Forschung weiter verwendbar.

Die im Rahmen des Teilpaketes „Modelle und Ansätze zur Förderung von Biodiversität und ÖSL“ gewonnenen Ergebnisse, insbesondere hier die Ergebnisse zu den Effekten der Managementpraktiken, zeigen Tendenzen für alternative Bewirtschaftungspraktiken auf, die biodiversitätsfördernd(er) wirken, als konventionelle Maßnahmen. In den Auswertungen der Feldversuche lassen sich hier sowohl Trends für den Mittelmeerraum, als auch standortspezifische Ergebnisse ablesen. Zusätzlich können die untersuchten Synergien und Trade-offs entscheidungsunterstützend herangezogen werden. Darüberhinaus können die gewonnenen Ergebnisse und Daten weitere Forschungsaktivitäten informieren, da alle generierten Datensätze, sowohl der systematischen Literaturdurchsicht als auch der Feldversuche (s. Kap. 6 erfolgte Veröffentlichungen) open access publiziert wurden. Aus der meta-analytischen und multivariaten Auswertung der Daten, die im Rahmen des Teilpaketes

durchgeführt wurde, können zudem begründete Hypothesen abgeleitet werden, auf die sich künftige Forschung konzentrieren kann und die in der Praxis getestet werden können.

Die gewonnenen Ergebnisse des Teilpaketes zur Entflechtung der Rolle sozio-kultureller Werte bilden eine gute Grundlage für weitere Forschungsarbeiten auf diesem bisher weitestgehend unerforschten Feld. Insbesondere die durch Interviews gewonnenen Informationen zu Akzeptanz und Präferenzen sind bereits für die Umsetzungspraxis beim Wandel zu einer biodiversitätsbasierten Landwirtschaft relevant und zeigen, dass biodiversitätsfördernde Maßnahmen von lokalen Akteuren überwiegend positiv wahrgenommen werden und mit dem Erhalt lokaler Traditionen und Landschaftsstrukturen verbunden werden können.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens an anderen Stellen

Während der Projektdurchführung wurde zusätzliche Fachliteratur zum Thema veröffentlicht, die kontinuierlich in die weiteren Überlegungen und Forschungsaktivitäten einfließt. Wesentliche Änderungen am Projektziel ergaben sich daraus jedoch nicht.

6. Erfolge und geplante Veröffentlichungen

Erfolgte Veröffentlichungen:

- Martinelli F, Vollheyde A-L, Cebrián-Piqueras MA, Haaren C von, Lorenzetti E, Barberi P, Loreto F, Piergiovanni AR, Totev VV, Bedini A, Kron Morelli R, Yahia N, Rezki MA, Ouslim S, Fyad-Lameche FZ, Bekki A, Sikora S, Rodríguez-Navarro D, Camacho M, Nabbout R, Amil R, Trabelsi D, Yucel D, Yousefi S (2022) LEGU-MED: Developing Biodiversity-Based Agriculture with Legume Cropping Systems in the Mediterranean Basin. *Agronomy*, 12(1):132
- Vollheyde A-L, Cebrián-Piqueras MA, von Haaren C (2023) Comparison of yield in Mediterranean pulse-based cropping systems. *Open Research Knowledge Graph*. DOI: 10.48366/R641482
- Vollheyde AL, Cebrián-Piqueras MA, von Haaren C (2023) Comparison of soil quality in Mediterranean pulse-based cropping systems. *Open Research Knowledge Graph*. DOI: 10.48366/R641487
- Vollheyde A-L, Cebrián-Piqueras MA, von Haaren C (2024) Comparison of biodiversity in Mediterranean pulse-based cropping systems. *Open Research Knowledge Graph*. DOI: 10.48366/R677195
- Vollheyde A-L, Haaren C von (2024) Agri-ecological dataset from vegetation surveys on organic legume fields in Tuscany, Italy. *Data in Brief*, 54:110306
- Vollheyde A-L, Rodriguez Navarro D, Los Mozos Pascual M de, Alcántara Ramírez MC, Sikora S, Rajnović I, Hammami I, Trabelsi D, Haaren C von (2024) Dataset on biodiversity and agronomic performance of lentil and chickpea field trials in the Mediterranean Region. *Data in Brief*, 54:110528

Angenommene Veröffentlichungen:

- Vollheyde, A-L, Cebrián-Piqueras MA, von Haaren C (angenommen) Unveiling the Bounty: A Systematic Synthesis of Biodiversity and Ecosystem Services in Mediterranean Lentil and Chickpea Cultivation through Alternative Pulse Systems. *Legume Science*, in press.

Veröffentlichungen im Entwurf:

- Vollheyde, A-L, Schaarschmidt, F, von Haaren C (in Vorb.) Exploring leverage points for biodiversity and provisioning services in Mediterranean lentil and chickpea