

Endbericht

„Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine in der Rhön und Potentiale für die Renaturierung artenreicher Bergwiesen zur Erhaltung der Artenvielfalt – ein Explorationsvorhaben zur Regulierung eines invasiven Neophyten im Biosphärenreservat Rhön“

Prof. Dr. Dr. Annette Otte, Dr. Kristin Ludewig, Prof. Dr. Lutz Eckstein, M.Sc. Yves Klinger, M.Sc. Eva-Maria von Lospichl

Berichtszeitraum	Projektbeginn	Projektlaufzeit	Aktenzeichen
01.07.2015 bis 30.04.2017	01.07.2015	14 + 8 Monate	32886/01-33/2

Projektleiterin: Prof. Dr. Dr. Annette Otte	Justus-Liebig-Universität Gießen
Projektkoordination: Dr. Kristin Ludewig, Prof. Dr. Lutz Eckstein	Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung
Wissenschaftliche Mitarbeiter: M.Sc. Yves Klinger	IFZ - Interdisziplinäres Forschungszentrum
M.Sc. Eva-Maria von Lospichl	Heinrich-Buff-Ring 26-32 35392 Gießen

Kooperationspartner:

AG Prof. Dr. Michael Wachendorf Universität Kassel Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften Steinstr. 19 37213 Witzenhausen	Landschaftspflegeverband Rhön-Grabfeld Spörleinstraße 11 97616 Bad Neustadt a.d.S Ansprechpartnerin: Dr. Susanne Wüst
---	--

Biosphärenreservat Rhön Bayerische Verwaltungsstelle Oberwaldbehringer Str. 4 97656 Oberelsbach Ansprechpartner: Regierungsdirektor Michael Geier und Dipl. Biol. Torsten Kirchner	Biosphärenreservat Rhön Hessische Verwaltungsstelle Groenhoff Haus Wasserkuppe 36129 Gersfeld Ansprechpartner: Dipl.-Ing. agr. Torsten Raab und Ewald Sauer
--	--

Gießen, den

.....
Prof. Dr. Dr. Annette Otte

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	32886/01	Referat	33/2	Fördersumme	113.980 €
Antragstitel		Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine in der Rhön und Potentiale für die Renaturierung artenreicher Bergwiesen zur Erhaltung der Artenvielfalt – ein Explorationsvorhaben zur Regulierung eines invasiven Neophyten im Biosphärenreservat Rhön			
Stichworte		Bergwiesen, <i>Lupinus polyphyllus</i> , Neophyten, Mittelgebirge, Rhön			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
14 + 8 Monate		01.07.2015		30.04.2017	
Zwischenberichte		nach 7 Monaten			
Bewilligungsempfänger		Justus-Liebig-Universität Giessen Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung Heinrich-Buff-Ring 26-32 35392 Giessen			Tel 0641 99 37160 Fax 0641 99 37169 Projektleitung Prof.Dr.Dr.Annette Otte Bearbeiter Dr. Kristin Ludewig M.Sc. Yves Klinger M.Sc. Eva-M. von Lospichl
Kooperationspartner		AG Prof. Dr. Michael Wachendorf - Universität Kassel Biosphärenreservat Rhön - Bayerische Verwaltungsstelle Biosphärenreservat Rhön - Hessische Verwaltungsstelle Landschaftspflegeverband Rhön-Grabfeld			
Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens					
<p><i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl. wurde bereits ab den 1940er Jahren bewusst in der Rhön ausgebracht. Die Ausbreitung der Lupine auf ein gefährdendes Maß erfolgte allerdings erst nach der Ausweisung des Biosphärenreservats Rhön 1991, vor allem gefördert durch die im Vertragsnaturschutz der Region festgelegten späten Mahdtermine. Als Neophyt kolonisiert die Staudenlupine dabei besonders Offenlandbereiche, die häufig von seltenen, geschützten Borstgrasrasen oder Goldhaferwiesen bewachsen sind. Durch ihre große Wuchshöhe und ihre Fähigkeit Luftstickstoff zu fixieren gefährdet sie diese Pflanzengesellschaften, indem sie den Lichtgenuss der unteren Vegetationsschichten senkt und die betroffenen Flächen aufdüngt. Auf den Flächen ist so langfristig ein Rückgang der Artenzahl festzustellen. Ziele der Explorationsphase des Projekts sind: <u>1) die Erstellung einer GIS-Datenbank</u>, in der ausbreitungsrelevante Daten zur Staudenlupine erfasst werden und mit welcher die Entwicklung der Lupinenverbreitung quantifiziert werden kann. <u>2) Die Identifizierung des Restituierungspotentials der artenreichen Bergwiesen</u>, z.B. durch die Analyse welche charakteristischen Arten der ursprünglichen Pflanzengemeinschaften in der Samenbank unterschiedlich stark von der Lupine invadiert Bergwiesen vorhanden sind.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<ul style="list-style-type: none"> - Abgrenzung des Untersuchungsgebiets in der Hohen Rhön und Erstellung einer GIS-Datenbank mit verschiedenen Geodaten, u.a. historischen und aktuellen Luftbildern und Orthophotos, Daten der Biotoptypkartierung, Landschaftspflegeplänen und Daten zur Lupinenverbreitung - GIS-gestützte Landschaftsanalyse zur Entwicklung der Verbreitung der Lupine. - Samenbankanalyse in frischen und feuchten Goldhaferwiesen und Borstgrasrasen mit unterschiedlichen Lupinen-Deckungsgraden. Im September 2015 entnommene Bodenproben keimten 10 Monate im Gewächshaus aus. Im Juni 2016 wurden Vegetationsaufnahmen durchgeführt. - Potentielle Spender- und Empfängerflächen für die Restituierung von Bergwiesen aus Samenbank- und Verbreitungsanalyse wurden identifiziert. - Zur Analyse des Nährstoffstatus der von <i>Lupinus polyphyllus</i> invadierten Wiesen wurden Ionenaustauschmembranen zu drei Zeitpunkten während der Vegetationsperiode 2016 für jeweils vier Wochen ausgebracht und auf die Nährelemente Stickstoff und Phosphor hin analysiert. 					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Verbreitungsanalyse mit GIS:

- Für die GIS-Datenbank wurden sämtliche extern angefragten Daten bereitgestellt.
- Die Analyse der zeitlichen Entwicklung der Verbreitung der Stauden-Lupine im Gebiet Leitgraben/Elsgellen hat eine Zunahme der durch Lupine beeinflussten Fläche von über 100 % nachweisen können. Vormalig kleinere, voneinander isolierte Lupinus-Bestände sind miteinander verschmolzen und bilden Bestände von mehreren Hektar Größe.
- Die Change Detection hat gezeigt, dass ein Großteil der 2016 invadierten Flächen Neubesiedlungen sind. Es ist insgesamt davon auszugehen, dass viele Bergwiesen großflächig einem Einfluss durch die Stauden-Lupine unterliegen.
- Linienförmige Habitats wie Straßenränder und Lesesteinriegel stellen nach wie vor einen Verbreitungsschwerpunkt von Lupinenbeständen hoher Deckung dar.
- Diese Zunahme der Lupinenverbreitung zeigt, dass die bisher durchgeführten Landschaftspflegemaßnahmen die Ausbreitung der Lupine nicht verhindern konnten.
- Mit der Vorverlegung der Mahdtermine auf einem Großteil der Flächen im Jahr 2015 ist davon auszugehen, dass mittelfristig ein Rückgang der Lupinendeckung auf den Flächen zu erwarten ist.

Restituierungspotential:

- In der Samenbankanalyse keimten insgesamt 14.342 Samen in den 84 Proben; darunter nur fünf Keimlinge der Lupine. Dies stellt eine gute Grundlage für die Aktivierung der Samenbank zur Restituierung der artenreichen Bergwiesen dar, da die Gefahr der Förderung der Lupine bei Aktivierung der Samenbank als gering eingeschätzt werden kann.
- Von den insgesamt in den Bodensamenbanken nachgewiesenen 120 Pflanzenarten sind 59 charakteristisch für Bergwiesen (Goldhaferwiesen und Borstgrasrasen). 19 Arten sind gemäß der Roten Liste der Gefäßpflanzen in Deutschland gefährdet.
- Die Pflanzengemeinschaften der Samenbanken sind allerdings auffällig weniger artenreich als die der aktuellen Vegetation. Daher müsste bei der Bergwiesen-Restituierung durch weitere Maßnahmen dieser Teil der Artengemeinschaft eingebracht werden (z. B. durch Mahdgutübertragung).
- Aufgrund der ausgewählten Probeflächen für die Vegetationsaufnahmen und Samenbankuntersuchungen liegt bereits ein Set von Flächen ohne und mit zunehmender Lupinendeckung vor. Diese stellen geeignete Spender- und Empfängerflächen für eine aktive Restituierung von Bergwiesen durch die Übertragung diasporenhaltigen Mahdguts dar. Weitere potentielle Spender- und Empfängerflächen können aus der GIS-Datenbank abgeleitet werden.
- Die Nährstoffanalyse zeigt, dass der Oberboden in der Vegetationsperiode noch nicht nachweisbar mit einem Überschuss an Stickstoff angereichert wurde. Durch die Entnahme der nährstoffreichen Lupinenbiomasse wird die Nährstoffanreicherung im Boden vermutlich verzögert.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

- Eine gemeinsam gestaltete und formulierte Website für das Projekt wurde auf den Plattformen der Universitäten JLU Gießen und Kassel eingerichtet.
- Zwei internationale Veröffentlichungen sind derzeit in Bearbeitung, eine weitere ist in Planung.

Fazit

- Das Explorationsvorhaben zur Analyse des Ausmaßes der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine in der Rhön und der Potentiale für die Restituierung artenreicher Bergwiesen zur Erhaltung der Artenvielfalt ist erfolgreich verlaufen.
- Im Gebiet Leitgraben/Elsgellen hat die durch die Stauden-Lupine beeinflusste Fläche über 100 % zugenommen. Vormalig kleine und isolierte Lupinus-Bestände sind miteinander verschmolzen und bilden Bestände von mehreren Hektar Größe.
- Diese Zunahme der Lupinenverbreitung zeigt, dass die bisher durchgeführten Landschaftspflegemaßnahmen die Ausbreitung der Lupine nicht verhindern konnten. Die Aktivierung der Samenbank ist für die Restituierung der artenreichen Bergwiesen geeignet, da sie zahlreiche und viele für die Bergwiesen typische Arten aufweist.
- Die Gefahr der Förderung der Lupine bei Aktivierung der Samenbank kann als gering eingeschätzt werden, da nur fünf Lupinenkeimlinge aus den 84 Bodenproben keimten.
- Der Zeitpunkt für die Restituierung der Bergwiesen wäre derzeit sehr gut (Samenbank in den von Lupinen invadierten Flächen noch unverändert zu den Flächen ohne Lupine, Nährstoffverhältnisse im Boden offenbar noch nicht verändert).

Inhalt

1	Zusammenfassung.....	7
2	Anlass und Zielsetzung	8
3	Arbeitsschritte und angewandte Methoden.....	10
3.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebiets.....	10
3.2	Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine	11
3.3	Potentiale zur Restituierung artenreicher Bergwiesen.....	15
4	Ergebnisse	18
4.1	Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine	18
4.2	Potentiale für die Restituierung artenreicher Bergwiesen	24
5	Diskussion.....	33
5.1	Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine	33
5.2	Potentiale für die Restituierung artenreicher Bergwiesen	34
6	Öffentlichkeitsarbeit	37
6.1	Veröffentlichungen	37
6.2	Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern	38
7	Ausblick	38
8	Fazit.....	39
9	Literaturverzeichnis	40
10	Anhang.....	43

Abbildungen:

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den 84 Probeflächen für die Samenbankanalyse	11
Abbildung 2: Karte der Bildmittelpunkte der durch das Biosphärenreservat Rhön (Kirchner 2014) zur Verfügung gestellten Luftbilder des NSG Lange Rhön.....	13
Abbildung 3: PRS-Probes auf einem der Plots links (violett) mit negativ geladener Membran zur Adsorption von Kationen und rechts (orange) mit positiver Membran zur Adsorption von Anionen (Foto: K. Ludewig).....	16
Abbildung 4: Gesamtfläche der drei Deckungsgradklassen im Gebiet Leitgraben/Elsgellen der Jahre 1998 und 2016	19
Abbildung 5: Karte der Lupinenverbreitungen im Gebiet Leitgraben/Elsgellen für die Jahre a) 1998 und b) 2016 im Vergleich	20
Abbildung 6: Bestandsgrößen von <i>L. polyphyllus</i> in drei Deckungsgradklassen: 1 (1 – 5 % Deckung), 2 (6 – 50 % Deckung) und 3 (51 – 100 % Deckung) in den Jahren 1998 und 2016	21
Abbildung 7: Karte der Änderung der Lupinenbestandsklassen zwischen den Jahren 1998 und 2016 im Gebiet Leitgraben/Elsgellen mit den fünf Änderungsklassen.....	22
Abbildung 8: Gesamtfläche der aus der Change Detection (1998 vs. 2016) resultierenden Klassenänderungen.....	22
Abbildung 9: Karte der linienförmigen Habitate (Lesesteinriegel und Wege) im Gebiet Leitgraben/Elsgellen.....	23
Abbildung 10: Gesamtfläche der Lupinenbestände der drei Deckungsgradklassen im Gebiet Leitgraben/Elsgellen in Lesesteinriegeln und an Wegen/Wegrändern im Vergleich	24
Abbildung 11: Ergebnisse der Varianzanalyse für den pflanzenverfügbaren Stickstoff (in Grafik a kategorisiert nach dem Vegetationstyp, in Grafik b nach dem beprobten Zeitraum und in Grafik c nach dem Lupinendeckungsgrad in %).....	25
Abbildung 12: Darstellung der ANOVA Ergebnisse für das pflanzenverfügbare Phosphat in Abhängigkeit von der Lupinendeckungsgradklasse.....	26
Abbildung 13: Ordination der Artenzusammensetzungen von Samenbank (SB) und aktueller Vegetation (AV).....	28
Abbildung 14: Ordination der Artenzusammensetzungen von Samenbank und aktueller Vegetation mit dem Vegetationstyp als Gruppierungsvariable.....	29
Abbildung 15: Ordination der Artenzusammensetzungen von Samenbank und aktueller Vegetation mit der Lupinendeckung als Gruppierungsvariable.....	30
Abbildung 16: Samendichte im Boden (Samen m ⁻²) in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckung (Mittelwerte und Standardfehler).....	31
Abbildung 17: Anzahl der Arten in den Boden-Samenbanken in Abhängigkeit von Vegetationstyp und Lupinendeckungsgrad (Mittelwerte und Standardfehler)	32

Tabellen:

Tabelle 1: Datenbeschaffung für die Anlage der GIS-Datenbank	12
Tabelle 2: Bei der Kartierung verwendete Bestandsklassen und deren <i>L. polyphyllus</i> - Deckungsgrade sowie die Charakteristika, die diese per Luftbild erkennbar machten	14
Tabelle 3: Versuchsdesign der 84 Probestellen für die Vegetationsaufnahmen und die Samenbankanalyse	15
Tabelle 4: Übersicht über die Gesamtfläche, die Flächenanzahl (NP) und die mittlere Flächengröße (MPS) der verschiedenen Lupinen-Deckungsgradklassen für die Jahre 1998 und 2014 im Gebiet Leitgraben/Elsgellen.....	19
Tabelle 5: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholungen für den Gesamtstickstoffgehalt	24
Tabelle 6: Ergebnis der ANOVA mit Messwiederholungen für den Phosphatgehalt.....	26
Tabelle 7: Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVA zur Analyse der Samendichte in den Boden-Samenbanken der Bergwiesen in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckungsgrad	31
Tabelle 8: Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVA zur Analyse der Artenzahl in den Boden- Samenbanken der Bergwiesen in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckungsgrad	32

Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine in der Rhön und Potentiale für die Renaturierung artenreicher Bergwiesen zur Erhaltung der Artenvielfalt – ein Explorationsvorhaben zur Regulierung eines invasiven Neophyten im Biosphärenreservat Rhön

1 Zusammenfassung

Die Hohe Rhön zeichnet sich durch landschaftsprägende Grünlandbestände aus, die durch jahrhundertelange extensive Bewirtschaftung entstanden sind. Diese extensive Nutzung führte zur Ausbildung magerer und artenreicher Bergwiesen-Ökosysteme, die durch eine Vielzahl stark gefährdeter Arten geprägt sind und somit besondere Schutzgüter des Naturschutzes darstellen. Nach der Ausweisung des Biosphärenreservats Rhön 1991 änderte sich das Nutzungsregime auf den Bergwiesen deutlich. So förderten spätere Mahdtermine und eine geringere Beweidungsintensität die Ausbreitung der aus Nordamerika stammenden Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.). *L. polyphyllus* bedroht die Struktur und Biodiversität des Extensivgrünlands, da sie die vertikale Struktur und die funktionellen Prozesse in den betroffenen Flächen stark verändert. Die Folge ist eine Verdrängung charakteristischer und gefährdeter Arten. Im Explorationsvorhaben werden zunächst zwei Hauptziele verfolgt. Zum einen wird das Ausmaß der aktuellen Verbreitung von *L. polyphyllus* quantifiziert und eine GIS-Datenbank mit für ihre Verbreitung relevanten Daten angelegt. Zum anderen sollen die Potentiale zur Restituierung der artenreichen Bergwiesen für die Erhaltung der Artenvielfalt abgeschätzt werden.

Die Erstellung der projektbezogenen GIS-Datenbank ist abgeschlossen, die Geodaten wurden von verschiedenen öffentlichen Institutionen bereitgestellt (vgl. Tab. 1) und stehen nun für weitere Analysen zur Verfügung. Die Kartierung der aktuellen Verbreitung von *L. polyphyllus* erfolgte auf Basis von Luftbildern aus dem Jahr 2014 sowie einer Geländevalidierung aus dem Jahr 2016 und konzentriert sich auf das Gebiet Leitgraben/Elszellen im Zentrum des NSG „Lange Rhön“. Als Referenzjahr dient aufgrund vorangegangener Studien das Jahr 1998 (vgl. Otte & Maul 2005). Die Ergebnisse der Kartierung zeigen eine Verdopplung der durch *L. polyphyllus* beeinflussten Flächen. So haben sowohl die Gesamtfläche von Lupinenbeständen aller Deckungsgrade als auch die mittlere Größe von Lupinenbeständen aller Dichteklassen deutlich zugenommen, *L. polyphyllus* hat viele Bereiche invadiert, die 1998 noch nicht betroffen waren. Besonders groß ist der Zuwachs bei Lupinenbeständen mit einer Lupinendeckung zwischen 6 und 50 %. Insgesamt hat sich *L. polyphyllus* im untersuchten Areal also deutlich ausgebreitet.

Um das Restituierungspotential der von *L. polyphyllus* invadierten Bergwiesen im Untersuchungsgebiet festzustellen, wurden 84 Probestellen in Borstgrasrasen und frischen und feuchten Goldhafer-Bergwiesen ohne *L. polyphyllus* und mit zunehmender Lupinendeckung hinsichtlich des Samenvorrats im Boden analysiert. Die Samenbanken der Bergwiesen sind für die Aktivierung zur Restituierung der Bergwiesen geeignet. Da nur fünf Keimlinge von *L. polyphyllus* in den Bodenproben auskeimten, wird die Aktivierung der Samenbank im Rahmen

von Restituierungsmaßnahmen vermutlich nicht zur Förderung von *L. polyphyllus* beitragen. Die Artengemeinschaft der Bodensamenbank ist allerdings weniger artenreich als die der aktuellen oberirdischen Vegetation. Daher müsste bei der Restituierung der Bergwiesen durch zusätzliche Maßnahmen dieser Teil der Artengemeinschaft eingebracht werden (z. B. mittels Mahdgutübertragung). Die Nährstoffanalyse der untersuchten Oberböden zeigt, dass sie in der Vegetationsperiode noch nicht nachweisbar mit Stickstoff angereichert wurden. Durch den Entzug der Lupinenbiomasse wird die Nährstoffanreicherung im Boden vermutlich verzögert.

Der Zeitpunkt für die Restituierung der Bergwiesen wäre somit derzeit gut, denn die Samenbanken der von *L. polyphyllus* invadierten Flächen sind noch unverändert im Vergleich zu den Flächen ohne *L. polyphyllus* und die Nährstoffverhältnisse der Böden sind offenbar noch nicht verändert.

2 Anlass und Zielsetzung

Die Hohe Rhön zeichnet sich neben ausgedehnten Hutungen (Hessen) durch landschaftsprägende gemähte Grünlandbestände (Bayern) aus, welche durch die seit Jahrhunderten kontinuierlich durchgeführte extensive Mahd ohne Düngung und durch weitflächige Entsteinungsmaßnahmen entstanden sind. Diese Nährstoffe entziehende Nutzung führte zur Ausbildung magerer und sehr artenreicher Bergwiesen-Ökosysteme, die eine Vielzahl stark gefährdeter oder vom Aussterben bedrohter Pflanzenarten beherbergen. Die Pflanzengesellschaften, die durch diese Arten gekennzeichnet sind, stellen somit besondere Schutzgüter des Naturschutzes dar. Mit fast 8.900 ha extensiv genutztem Grünland bildet die Rhön eine Schwerpunktregion für die Erhaltung dieses Ökosystemtyps in Mitteleuropa. Die dort vorkommenden Biotoptypen „Artenreiche montane Borstgrasrasen“ (FFH-Code 6230) repräsentieren einen prioritären Lebensraumtyp der FFH-Richtlinie (92/43/EWG) und auch Goldhaferwiesen fallen als „Berg-Mähwiesen“ (FFH-Code 6520) unter die Richtlinie. Dies war einer der Gründe für die Ausweisung der Rhön als Biosphärenreservat im Jahr 1991.

Nach Ausweisung des Biosphärenreservats förderten das teilweise Brachfallen der Wiesen und eine verminderte Beweidungsintensität sowie eine zum Schutz des Birkhuhns angeordnete Verschiebung und Staffelung des ersten Mahdtermins (50 % der Fläche ab 10. Juli, 25 % ab 01. August, 25 % ab 01. September) die flächige Ausbreitung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl., (Fabaceae); Volz 2003; Otte & Maul 2005). Dieser aus Nordamerika stammende Neophyt dringt zunehmend in die geschützten Flächen ein. Die Ausbreitung von *L. polyphyllus* bedroht die Struktur und Biodiversität des gemähten Extensivgrünlands, da diese Art in Bergwiesen und niedrigwüchsige Borstgrasrasen zu deutlichen Veränderungen der vertikalen Struktur und der funktionellen Prozesse führt und charakteristische Arten der Bergwiesen verdrängt. Als weitere Folge ist zudem eine Verschlechterung der Mahdgut- und Futterqualität der Bergwiesen zu verzeichnen, da *L. polyphyllus* hohe Alkaloidgehalte aufweist. Weiterhin führen die hohen Wassergehalte in der Biomasse rasch zu Schimmelbildung im Heu.

Vor diesem Hintergrund umfasst das Explorationsvorhaben folgende Zielsetzungen und Fragestellungen:

- 1) Es wurde das Ausmaß der aktuellen Verbreitung von *L. polyphyllus* in der Rhön GIS-basiert untersucht. Ziel dieser Analyse war eine Quantifizierung der aktuellen Verbreitung von *L. polyphyllus* in der Rhön. Dabei wurden Lupinenvorkommen mittels Luftbildanalyse identifiziert und verbreitungsrelevante Daten in einer GIS-Datenbank zusammengestellt. Folgende Fragestellung wurde hierbei untersucht:
 - 1a) Welche projektrelevanten Informationen sind bereits bei verschiedenen Stellen (z. B. Verwaltungsstellen des Biosphärenreservats, Landschaftspflegeverband, Naturschutzbehörden, Universitäten) vorhanden?
 - 1b) Wie groß ist das Ausmaß der flächigen Verbreitung von *L. polyphyllus*?
 - 1c) Seit wann ist *L. polyphyllus* in verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebiets in den Bergwiesen flächig vorkommend und wie stellt sich die aktuelle Verbreitung (Flächenanteile, Lage im Raum) von *L. polyphyllus* in den Bergwiesen dar?
 - 1d) In welchem Ausmaß ist *L. polyphyllus* in linienförmigen Habitaten (Straßenrändern, Böschungen) im Untersuchungsgebiet verbreitet?

- 2) In einem weiteren Schritt wurden die Potentiale der Boden-Samenbank zur Restituierung artenreicher Bergwiesen für die Erhaltung der Artenvielfalt abgeschätzt. Hierbei wurden Goldhaferwiesen und Borstgrasrasen ohne und mit unterschiedlichen Graden der Lupinenabundanz hinsichtlich ihrer oberirdischen und unterirdischen Artenzusammensetzung (Diversität, Samenbank) untersucht und das Nährstoffniveau der Flächen bestimmt. Es wurden sowohl der Bedarf für geeignete Pflegemaßnahmen sowie potentielle Spender- und Empfängerflächen für eine Restituierung von Bergwiesen durch die Übertragung von Mahdgut ermittelt. Folgende Fragestellung wurde hierbei untersucht:
 - 2a) Wie groß ist die Variabilität der Artenzusammensetzung, Diversität und Nährstoffverfügbarkeit in unterschiedlich stark durch *L. polyphyllus* beeinträchtigten Bergwiesen im Untersuchungsgebiet?
 - 2b) Welche charakteristischen Arten der ursprünglichen Pflanzengemeinschaften sind noch in der Samenbank unterschiedlich stark von *L. polyphyllus* beeinflusster Bergwiesen vorhanden?
 - 2c) Wie hoch sind die Flächenanteile von Spender- und Empfängerflächen für die Übertragung diasporenhaltigen Mahdguts im Untersuchungsgebiet? Wo liegen potentielle Spender- und Empfängerflächen für eine Restituierung von Bergwiesen?

3 Arbeitsschritte und angewandte Methoden

3.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Die Rhön ist ein Gebirgszug der Mittelgebirgsschwelle des Ostthessischen Berglandes. Geologisch ist sie besonders durch triassische und tertiäre Gesteine geprägt. Die naturräumlichen Haupteinheiten des Untersuchungsgebiets sind „Vorder- und Kuppenrhön“ und „Hohe Rhön“ (Klausing 1988). Die Vorder- und Kuppenrhön ist eine vulkanisch entstandene Plateaulandschaft. Die Hohe Rhön ist eine von Norden nach Süden verlaufende Hochfläche zwischen 600 und 950 m NN. Sie ist auf Basalt aufgebaut (Klausing 1988) und insbesondere im bayrischen Teil durch große, zusammenhängende Grünlandbestände geprägt (Otte & Maul 2005). Besonders Extensivgrünland spielt mit einer Gesamtfläche von 8.900 ha eine landschaftsprägende Rolle und macht den Naturraum zu einer Schwerpunktregion für die Erhaltung dieses Biotoptyps (Planungsbüro Grebe 1995).

Das Untersuchungsgebiet umfasst den zentralen Teil des UNESCO-Biosphärenreservats Rhön im Bereich des Dreiländerecks Bayern, Hessen und Thüringen (Abbildung 1). Bei der Abgrenzung des Untersuchungsgebiets diente die 600 m-Höhenlinie als Orientierung, da sich die Lupinenausbreitung auf Grünlandbestände oberhalb dieser Grenze konzentriert. Zur weiteren Eingrenzung des Gebietes wurden in Hessen und Bayern unterschiedliche Herangehensweisen gewählt. In Bayern wurde aufgrund der dort vorherrschenden, weitflächigen Heuwiesen-Wirtschaft und der hohen Abundanz von *L. polyphyllus* das Naturschutzgebiet „Lange Rhön“ als Kerngebiet der Untersuchungen ausgewählt. Zudem wurde in der Vergangenheit schon eine Vielzahl an Studien in dem Gebiet durchgeführt (vgl. Volz 2003, Otte & Maul 2005), sodass die gute Datenlage die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung der Verbreitung von *L. polyphyllus* im Gebiet zulässt. In Hessen kommt *L. polyphyllus* nicht großflächig vor; dort wird vor allem das Offenland im Naturraum der Wasserkuppenrhön betrachtet. Hier werden vorrangig Flächen untersucht, die von der hessischen Verwaltung des Biosphärenreservats als Schwerpunkte des Lupinenbefalls betrachtet werden. Für die Untersuchungen zum Restituierungspotential wurden insgesamt 84 Probeflächen eingerichtet (Abbildung 1).

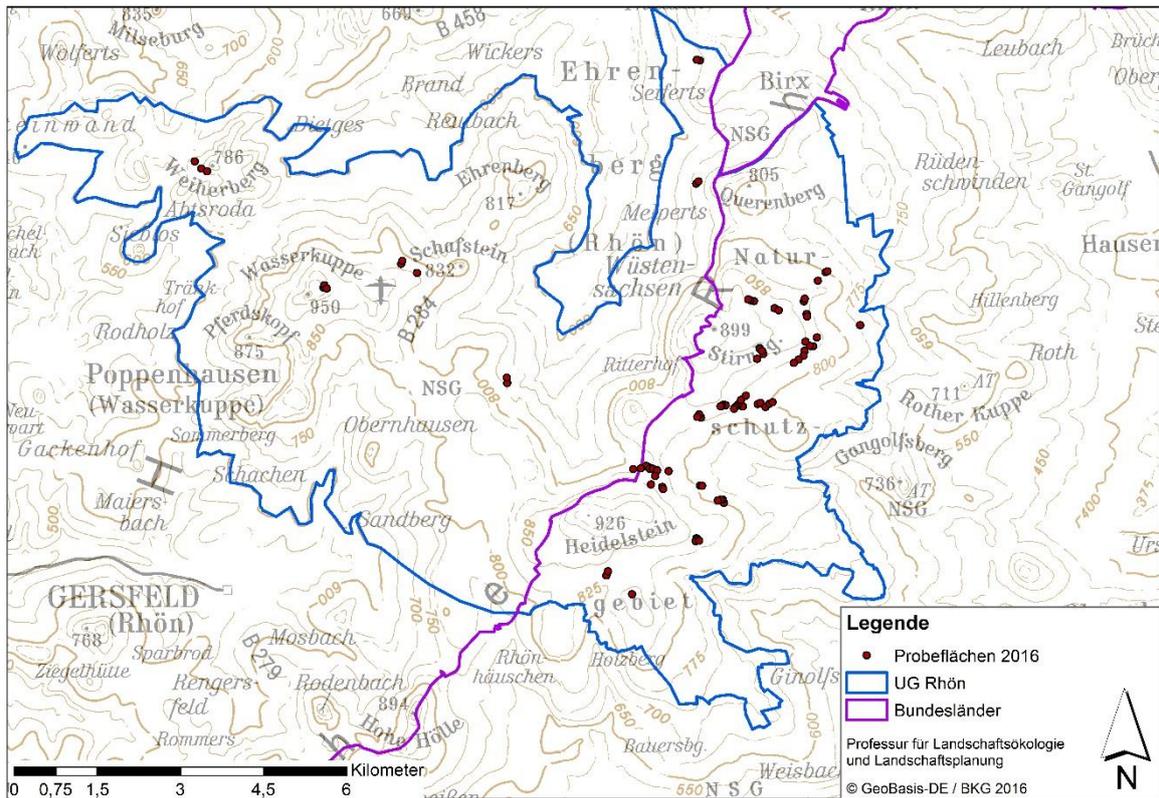


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den 84 Probeflächen für die Samenbankanalyse.

3.2 Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine

3.2.1 Zusammenstellung verbreitungsrelevanter Daten

Für die Anlage der GIS-Datenbank mit für die aktuelle Verbreitung von *L. polyphyllus* relevanten Daten wurde zunächst eine Liste der benötigten Informationen zusammengestellt. Die Bereitstellung der Geodaten erfolgte über die Verwaltungsstellen des Biosphärenreservats sowie über verschiedene Landesämter. Eine vollständige Auflistung der beantragten Daten sowie der für die Bereitstellung zuständigen Stellen ist in Tabelle 1 dargestellt. Zu den Daten zählen hochauflösende Digitale Geländemodelle (DGM mit 10 m-Pixelauflösung für die Untersuchungsgebiete in beiden Bundesländern), amtliche Liegenschaftskarten mit den Flurstücksgrenzen und digitale Orthophotos (DOP-20) der aktuellsten Befliegung (2014). Zusätzlich wurden von der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation historische Orthophotos und Luftbilder von mehreren Zeitpunkten seit Ausweisung des Biosphärenreservats 1991 zur Verfügung gestellt. Von der bayerischen Verwaltungsstelle des Biosphärenreservats wurden zudem Luftbilder bereitgestellt, die im Zuge des LIFE-Projekts „Hochrhön“ im Jahr 1998 aufgenommen wurden (Colorinfrarot-(CIR) und Echtfarben-Bilder, vgl. Volz 2003). Im Auftrag des Biosphärenreservats wurden zudem 1993 und 2006 flächendeckende CIR-Luftbildkartierungen der Biotoptypen durchgeführt, für Hessen standen zusätzlich Daten der hessenweiten Grünlandkartierung aus dem Jahr 2014 zur Verfügung. Da die untersuchten Flächen in Bayern zum Großteil dem Bayerischen

Vertragsnaturschutzprogramm unterliegen, wurden flächengenaue Daten zu den durchzuführenden Maßnahmen für die Jahre 2014 und 2015 zur Verfügung gestellt. Da es von Seiten des Biosphärenreservats keine flächendeckenden Daten zur Verbreitung von *L. polyphyllus* gab, wurde der aktuelle Verbreitungsstatus (2016) für ein Teilgebiet selbst erhoben (siehe 3.2.2). Die Zusammenstellung der Datenbank mit den für die Verbreitung von *L. polyphyllus* relevanten Daten ist damit abgeschlossen und die Daten stehen für weitere Analysen zur Verfügung.

Tabelle 1: Datenbeschaffung für die Anlage der GIS-Datenbank.

Datensatz	Bereitstellung	Status
Digitales Geländemodell (DGM 10)	Hessen: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation Bayern: Bayerische Vermessungsverwaltung	✓
Amtliche Liegenschaftskarte	Biosphärenreservat Rhön	✓
Orthophotos (DOP 20)	Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation	✓
Historische Luftbilder und Orthophotos	Hessen: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation Bayern: Biosphärenreservat Rhön	✓
Biotoptypenkartierung	Biosphärenreservat Rhön	✓
Grünlandkartierung 2014 (nur Hessen)	Servicezentrum für Forsteinrichtung und Naturschutz (FENA)	✓
Landschaftspflegeplanung Bayern	Biosphärenreservat Rhön	✓
Verbreitungsdaten Lupine	Biosphärenreservat Rhön Eigene Erhebung	✓

3.2.2 Aktuelle flächige und multi-temporale Verbreitung der Stauden-Lupine

Für die Quantifizierung des Ausmaßes der aktuellen Verbreitung von *L. polyphyllus* wurde für die Explorationsphase das Gebiet Leitgraben/Elsgellen im Zentrum des Naturschutzgebiets Lange Rhön ausgewählt. Es hat eine Gesamtfläche von 430 ha und ist von besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung, da das Areal als Kernzone des Biosphärenreservats einen besonderen Schutzstatus besitzt, vor allem wegen des dortigen Birkhuhnvorkommens (*Lyrurus tetrix*). Gleichzeitig befindet sich dort allerdings auch ein Verbreitungsschwerpunkt von *L. polyphyllus* in der Rhön; es kommen also viele besonders dichte Lupinenbestände vor. Auch waren die Flächen im Leitgraben schon vor 1998 von *L. polyphyllus* invadiert, sodass die

Tabelle 2: Bei der Kartierung verwendete Bestandsklassen und deren *L. polyphyllus*-Deckungsgrade sowie die Charakteristika, die diese per Luftbild erkennbar machen.

Bestandsklasse	Abgrenzung auf dem Luftbild
Niedrige Lupinendeckung	1 – 5 % Lupine (einzelne Lupinenhorste ohne klar abgrenzbare Bestände)
Mittlere Lupinendeckung	6 – 50 % Lupine (klar abzugrenzender Lupinenbestand)
Hohe Lupinendeckung	51 – 100 % Lupine (klar abzugrenzender Dominanzbestand)

Bei der Kartierung der Lupinenverbreitung 2014 war aufgrund des Aufnahmezeitpunkts der Orthophotos mit einer Unterschätzung der Verbreitung von Lupinenbeständen mit niedriger Deckung (1-5 %) zu rechnen. Im Juni und September 2016 wurden deshalb Kartierungen der Lupinenbestände des Gebiets im Gelände durchgeführt, um die Ergebnisse der Luftbildkartierung zu validieren, sowie um die Karte auf den Verbreitungsstatus von 2016 zu aktualisieren.

Für die multitemporale Auswertung wurde als Referenzjahr für Vergleiche das Jahr 1998 gewählt, da in diesem Jahr Luftbilder zur Hauptblütezeit von *L. polyphyllus* aufgenommen wurden, auf die auch die Studien von Volz (2003) und Otte & Maul (2005) zurückgreifen. Als Referenz für die Kartierung diente die von Otte & Maul (2005) erstellte Karte der Lupinenverbreitung im Gebiet Leitgraben/Elsgelsen im NSG Lange Rhön.

Für die statistische Analyse wurden die Bestandsgrößen logarithmiert, um eine Normalverteilung der Residuen zu erreichen. Zur statistischen Auswertung des Einflusses des Aufnahmejahres auf die Bestandsgrößen wurde eine ANOVA mit der Antwortvariable „Bestandsgröße“ und den Faktoren „Jahr“ und „Deckungsgradklasse“ durchgeführt. Da die ANOVA signifikante Unterschiede der Bestandsgrößen zwischen den beiden Jahren und den drei Deckungsgradklassen nachweisen konnte, wurde als Post-hoc-Test ein Tukey-HSD-Test für multiple Mittelwertvergleiche durchgeführt. Die Analysen wurden mit Statistica 13 (StatSoft Inc.) durchgeführt.

Zur Erfassung der zeitlichen und räumlichen Veränderungen der Lupinenbestände im Untersuchungsgebiet wurde eine Analyse der Veränderungen (eine sogenannte „Change Detection“) durchgeführt. Dabei wurden allen Bestandsklassen beider Jahre eindeutige Zahlenwerte zugewiesen (0 = keine, 1 = 1 – 5 %, 2 = 6 – 50 % und 3 = 51 – 100 % Lupine). Die Datensätze wurden dabei vom Vektorformat ins Rasterformat (Rastergröße: 0,25 m²) überführt. Durch Subtraktion des Rasters 2016 von dem von 1998 entsteht eine Rasterkarte, die die 16 möglichen Übergänge zwischen Klassen von 1998 bis 2016 darstellt. Durch Aufsummieren der Rasterzellen jeder Klasse können Klassenübergänge und Veränderungen zwischen den Jahren quantifiziert werden.

3.2.3 Analyse linienförmiger Habitate

Ergebnisse von Jolitz (2013) zeigen, dass es entlang von Straßenrändern in der Rhön Streifen im Übergang zwischen Straßenrand und Grünland gibt, die stark mit *L. polyphyllus* invadiert

sind. Auch in den in allen Teilen der Hohen Rhön vorkommenden Lesesteinriegeln finden sich häufig Lupinenbestände hoher Deckung. Dies liegt darin begründet, dass diese Bereiche zwischen den von Straßenmeistereien von gepflegten Straßenrändern und angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen entweder keiner Zuständigkeit unterliegen oder nur schwierig maschinell zu pflegen sind. Infolgedessen konnte sich *L. polyphyllus* in diesen linienförmigen Habitaten etablieren. Aus diesen Habitaten könnte sie sich selbst bei einer angepassten, *L. polyphyllus* einschränkenden Pflege der Wiesen wieder ausbreiten.

Um Wegränder, Wegböschungen und Lesesteinriegel als potentielle Samenquellen für eine Wiederbesiedlung angrenzender Wiesen ausfindig zu machen, wurde eine Luftbildkartierung der im Gebiet vorkommenden Lesesteinriegel auf Basis von Orthophotos aus dem Jahr 2014 durchgeführt. Die Wirtschaftswege und Straßen, die im Untersuchungsgebiet liegen oder an dieses angrenzen, wurden der Biotoptypkartierung bzw. der Liegenschaftskarte entnommen. Zur Abschätzung der Vorkommen von *L. polyphyllus* in diesen Habitaten wurde die Lupinenkartierung aus 3.2.2 mit diesen beiden Karten verschnitten. Danach wurde quantifiziert, wie stark die Lesesteinriegel und Wege invadiert sind. Bei den Wegen wurde zusätzlich ein beidseitiger 5 m-Randstreifen analysiert.

3.3 Potentiale zur Restituierung artenreicher Bergwiesen

3.3.1 Artenzusammensetzung, Diversität und Nährstoffverfügbarkeit

Um das Restituierungspotential von Bergwiesen im Untersuchungsgebiet festzustellen, wurden Probeflächen in Borstgrasrasen sowie in frischen und feuchten Goldhafer-Bergwiesen mit unterschiedlicher Lupinendeckung ausgewählt (siehe Abbildung 1 und Tabelle 3, Deckungsklassen nach Wollny 2015). Diese Bestände sollten eine möglichst große Spannweite an Umweltbedingungen abdecken und unterschiedliche Dichten von *L. polyphyllus* aufweisen. Bei der Auswahl der Probeflächen wurden 21 Untersuchungsflächen aus einer 2015 abgeschlossenen Masterarbeit in das Design integriert (Wollny 2015), da für diese Flächen bereits Vegetationsaufnahmen vorhanden waren. Für die anderen 63 Untersuchungsflächen wurden die Vegetationsaufnahmen im Juni 2016 erhoben.

Tabelle 3: Versuchsdesign der 84 Probeflächen für die Vegetationsaufnahmen und die Samenbankanalyse.

	Lupine 0 %	Lupine < 25 %	Lupine 25 – 75 %	Lupine > 75 %
Goldhaferwiesen – frisch	7	7	7	7
Goldhaferwiesen – feucht/nass	7	7	7	7
Borstgrasrasen	7	7	7	7

Zur Analyse des Nährstoffstatus der von *L. polyphyllus* invadierten Wiesen wurden Ionenaustauschmembranen (sog. PRS-Probes© Western AG Innovations, Kanada; PRS = 'plant root simulator') verwendet. Die Austauschmembranen der PRS-Probes sind mit sogenannten „counter-ions“ belegt, die leicht austauschbar sind und durch die Ionen der vorbeiströmenden Bodenlösung ersetzt werden. Von den sieben Replikaten der

Samenbankanalyse (Tabelle 3) wurden vier Replikate randomisiert ausgewählt. In diesen wurden die PRS-Proben (für Kationen und für Anionen, siehe Abbildung 3) jeweils für vier Wochen während der Vegetationsperiode 2016 ausgebracht (03.05. bis 31.05., 26.07. bis 23.08. und 20.09. bis 18.10.). Hierzu wurden die PRS-Proben wieder aus dem Boden gezogen, von groben Partikeln gereinigt und zur anschließenden Analyse in an die Western AG (Kanada) geschickt und dort auf 14 Elementen hin untersucht. Da *L. polyphyllus* Luftstickstoff durch eine Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien bindet und Phosphate durch Ansäuerung des Wurzelmilieus mobilisieren kann, wurde bei der Auswertung der Daten der Fokus auf die Elemente Stickstoff und Phosphor gelegt. Die Methode erlaubt es, die pflanzenverfügbaren Nährstoffe ohne größere Eingriffe auf der Fläche zu erfassen.

Mit den resultierenden Antwortvariablen wurde eine ANOVA mit Messwiederholung in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckung durchgeführt, gefolgt von Tukey Post-hoc Tests bei signifikanten Ergebnissen der ANOVA. Die Analysen wurden mit Statistica 13 (StatSoft Inc.) durchgeführt.



Abbildung 3: PRS-Proben auf einem der Plots links (violett) mit negativ geladener Membran zur Adsorption von Kationen und rechts (orange) mit positiver Membran zur Adsorption von Anionen (Foto: K. Ludewig).

3.3.2 Samenbankuntersuchung

Für die Samenbankanalyse wurden die ausgewählten Borstgrasrasen, sowie die frischen und feuchten Goldhaferwiesen mit vier unterschiedlichen Deckungsanteilen von *L. polyphyllus* im Untersuchungsgebiet verwendet (siehe Abbildung 1 und Tabelle 3). Vom 08. bis 16. September 2015 wurden die 84 ausgewählten Goldhaferwiesen und Borstgrasrasen beprobt. Mit einem Erdbohrer (Innendurchmesser 2,8 cm) wurden pro 5 m x 5 m großer Untersuchungsfläche

Mischproben aus 9 Einstichen bis 10 cm Bodentiefe entnommen. Daraus resultierte ein Probenvolumen von 0,554 l pro Untersuchungsfläche. Die Proben wurden geteilt in eine Schicht von 0 – 5 cm und eine Schicht von 5 – 10 cm Tiefe. Bodenproben von zwei weiteren Einstichen wurden gemischt und zur pH-Wert-Messung verwendet.

Die Anzahl der in den Proben vorhandenen keimfähigen Samen wurde mit Hilfe der Auskeimungsmethode bestimmt (Ter Heerdt *et al.* 1996). Dazu wurden die Samenbankproben zum Auskeimen in Pflanzschalen der Innenmaße 19 cm x 29 cm auf eine ca. 3 – 4 cm mächtige Schicht eines sterilen Blumenerde-Sand-Gemisches (Verhältnis 2:1) aufgetragen. Da die ausgebrachte Schicht dünn genug sein sollte, um die Keimung aller Samen zu gewährleisten, wurden die Proben auf zwei Schalen pro Probe aufgeteilt. Bei dem verwendeten Probenvolumen und den Schalenmaßen ergab dies eine Schichtdicke von ca. 2 – 3 mm. Die Pflanzschalen wurden im Gewächshaus aufgestellt. Die kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus umfassten: 16 Stunden Tag, 8 Stunden Nacht, Tagestemperatur von 18 – 24 °C, Nachttemperatur von 12 – 18 °C, tagsüber mindestens zehn Kilolux Beleuchtung. Um den Sameneintrag aus der Umgebung zu erfassen, wurden zusätzlich sechs mit Substrat gefüllte Pflanzschalen gleichmäßig zwischen den Samenbankproben verteilt. Arten, die in diesen Schalen keimten, wurden für die Auswertung der Samenbankproben nicht berücksichtigt.

Die Samen der Bodenproben keimten zunächst von Oktober bis Dezember 2015 im Gewächshaus aus. Im Dezember wurden die Samenbankproben unter ein engmaschiges Drahtgestell im Außenbereich gestellt. Dadurch wurden sie bei winterlicher Witterung feucht und kalt stratifiziert, um die potentielle Dormanz der Samen aufzuheben. Von März bis Juli 2016 wurden die Samenbankproben wieder in das Gewächshaus zur erneuten Auskeimung gestellt. Im Juli 2016 wurde das Experiment beendet, da keine Keimlinge mehr aufliefen.

Alle Keimlinge, die sofort bestimmt werden konnten, wurden gezählt, mit der Pinzette entfernt und verworfen. Von den Keimlingen, die nicht identifiziert werden konnten, wurden einzelne Individuen zur späteren Bestimmung ausgepflanzt. Die Keimlinge wurden mithilfe der Bestimmungsschlüssel von Muller (1978), Jäger (2011), Jäger & Rothmaler (2011) und Schmeil, Fitschen & Seybold (2011) bestimmt. Die Taxonomie der Pflanzenarten richtet sich nach Wisskirchen & Haeupler (1998).

Für die statistische Analyse wurde die Samendichte der Böden logarithmiert, um eine Normalverteilung der Residuen zu erreichen. Die Antwortvariable Artenzahl in den Böden erfüllte die Voraussetzungen für die ANOVA ohne Transformation. Mit zweifaktoriellen ANOVAs wurden die Samendichten und die Artenzahlen in den Böden in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckung analysiert. Nach signifikanten Ergebnissen der ANOVA wurden Tukey Post-hoc Tests für die Gruppenvergleiche genutzt. Die Analysen wurden mit Statistica 13 (StatSoft Inc.) durchgeführt.

3.3.3 Potentielle Spender- und Empfängerflächen für Mahdgutübertragung

Die Probeflächen der Vegetationsaufnahmen und Samenbankuntersuchungen stellen bereits ein Set von Flächen ohne und mit zunehmender Lupinendeckung dar und sind dementsprechend als Spender- oder Empfängerflächen für eine aktive Restituierung von Bergwiesen durch die Übertragung diasporenhaltigen Mahdguts geeignet. Weitere potentielle Spender- und

Empfängerflächen wurden mit Hilfe der Kartierung der im Gebiet vorkommenden *L. polyphyllus*-Bestände ausgewählt. Quantifiziert wurde bei den potentiellen Spenderflächen der Anteil an Wiesen im Gebiet, der nicht durch *L. polyphyllus* invadiert ist und laut der Biotoptypkartierung des Biosphärenreservats dem passenden Biotoptyp angehört. Empfängerflächen sind besonders stark durch *L. polyphyllus* invadierte Bereiche. Diese konnten ebenfalls mittels der *L. polyphyllus*-Kartierung quantifiziert werden. Die potentiellen Spender- und Empfängerflächen sollen der späteren Implementierung von Maßnahmen der Mahdgutübertragung im Rahmen eines Folgeprojekts dienen.

4 Ergebnisse

4.1 Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine

4.1.1 Aktuelle und multi-temporale Bestandsentwicklung

Die durch *L. polyphyllus* invadierte Fläche hat sich seit 1998 mehr als verdoppelt: 2016 sind insgesamt 22,6 % (96,8 ha) des Untersuchungsgebiets von Lupinenbeständen der drei Deckungsgradklassen bedeckt, während es 1998 noch 10,6 % waren (Otte & Maul 2005). Den größten Anteil dieser Fläche machen Bestände niedriger (42,2 ha) und mittlerer Deckung (42,9 ha) aus, während Dominanzbestände eine deutlich geringere Fläche bedecken (11,7 ha) (Tabelle 4); so hat besonders die Fläche von Lupinenbeständen mittlerer Deckung überproportional zugenommen (Abbildung 4). Sie hat sich im Vergleich zu 1998 vervierfacht, während sich die Flächen von Beständen niedriger Deckung und von Dominanzbeständen in etwa verdoppelt haben. Im Untersuchungsgebiet Leitgraben/Elsgellen waren schon 1998 in fast allen Bereichen *L. polyphyllus*-Bestände zu finden, wobei sich im nördlichen und südlichen Bereich größere Bereiche ohne Lupine befanden (Abbildung 5 a). Im Jahr 2016 finden sich im gesamten Gebiet Leitgraben/Elsgellen nur noch kleine Bereiche, die völlig frei von *L. polyphyllus* sind. Besonders große und dichte Bestände finden sich in Bereichen, die auch 1998 schon vergleichsweise stark invadiert waren, insbesondere am westlichen Rand des Gebiets entlang der Hochrönstraße sowie im Zentrum des Gebiets (Abbildung 5 b). In diesen Bereichen finden sich 2016 beinahe flächendeckend Lupinenbestände. Die Gesamtzahl an Lupinenbeständen im Gebiet Leitgraben/Elsgellen hat sich zwischen den beiden Jahren von 993 auf 746 verringert. Die Bestandsgrößen waren insgesamt sehr variabel (mehrere Größenordnungen in beiden Jahren; 1998: 1 m² bis 6,9 ha und 2016: 3 m² bis 7,9 ha; Abbildung 6), wobei die mittlere Bestandsgröße sich zwischen 1998 und 2016 und den jeweiligen Dichteklassen signifikant erhöht hat. Innerhalb der beiden Jahre waren Bestände niedriger Deckung signifikant größer als Bestände mittlerer und hoher Lupinendeckung.

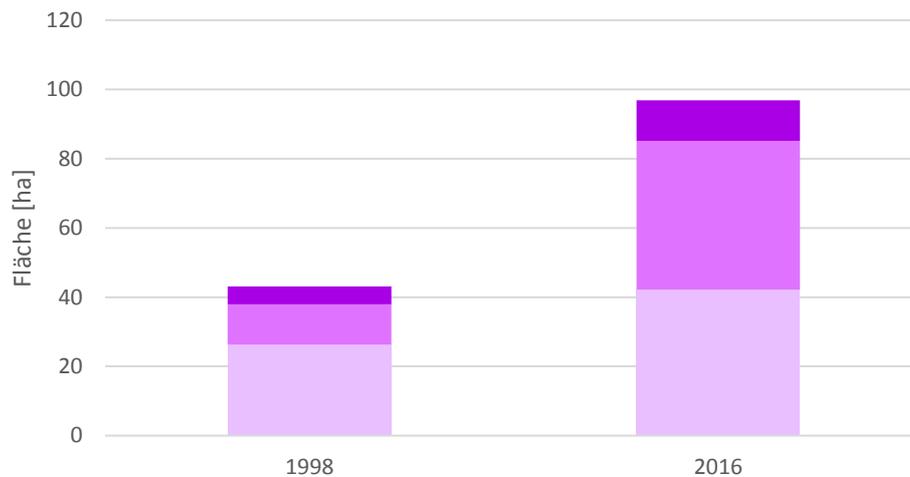


Abbildung 4: Gesamtfläche der drei Deckungsgradklassen im Gebiet Leitgraben/Elsgellen der Jahre 1998 und 2016. Die unterschiedlichen Farben zeigen die Lupinendeckung innerhalb der Bestände: hellviolett zeigt Lupinenbestände niedriger Deckung (1 – 5 % Lupine), violett Lupinenbestände mittlerer Deckung (6 – 50 % Lupine), in dunkelviolett sind Dominanzbestände dargestellt (51 – 100 % Lupine).

Tabelle 4: Übersicht über die Gesamtfläche, die Flächenanzahl (NP) und die mittlere Flächengröße (MPS) der verschiedenen Lupinen-Deckungsgradklassen für die Jahre 1998 und 2014 im Gebiet Leitgraben/Elsgellen.

Deckungsgrad/Jahr	Gesamtfläche (ha)		NP		MPS (m ²)	
	1998	2014	1998	2014	1998	2014
1 – 5 %	26,3	42,2	373	88	704,4	4794,3
6 – 50 %	11,6	42,9	299	444	389,1	966,8
51 – 100 %	5,2	11,7	321	214	162	547,8

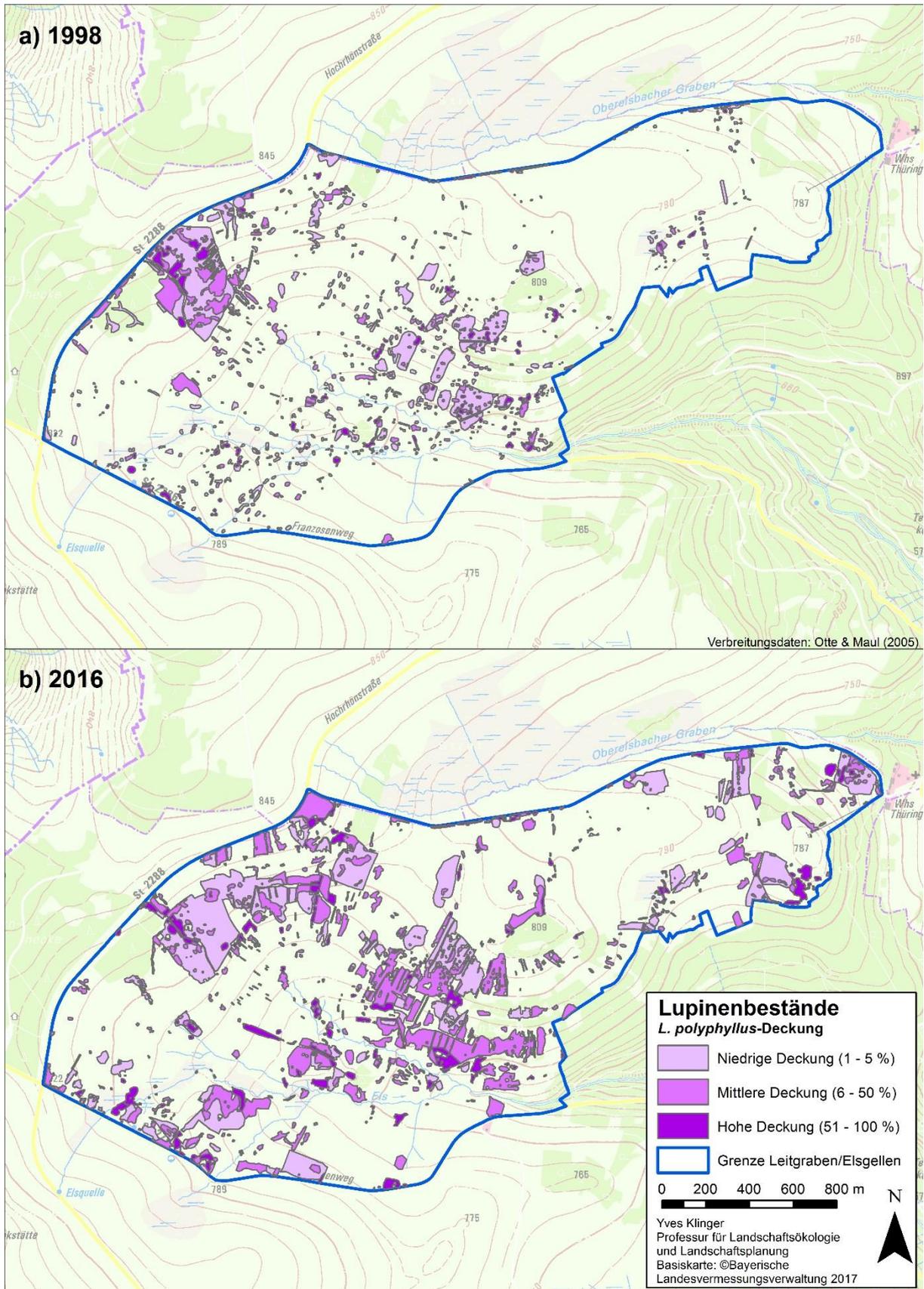


Abbildung 5: Karte der Lupinenverbreitungen im Gebiet Leitgraben/Elsquellen für die Jahre a) 1998 und b) 2016 mit den drei Deckungsgradklassen niedrige Deckung (1 – 5 % Lupine), mittlere Deckung (6 – 50 % Lupine) und Dominanzbeständen (51 – 100 % Lupine) im Vergleich.

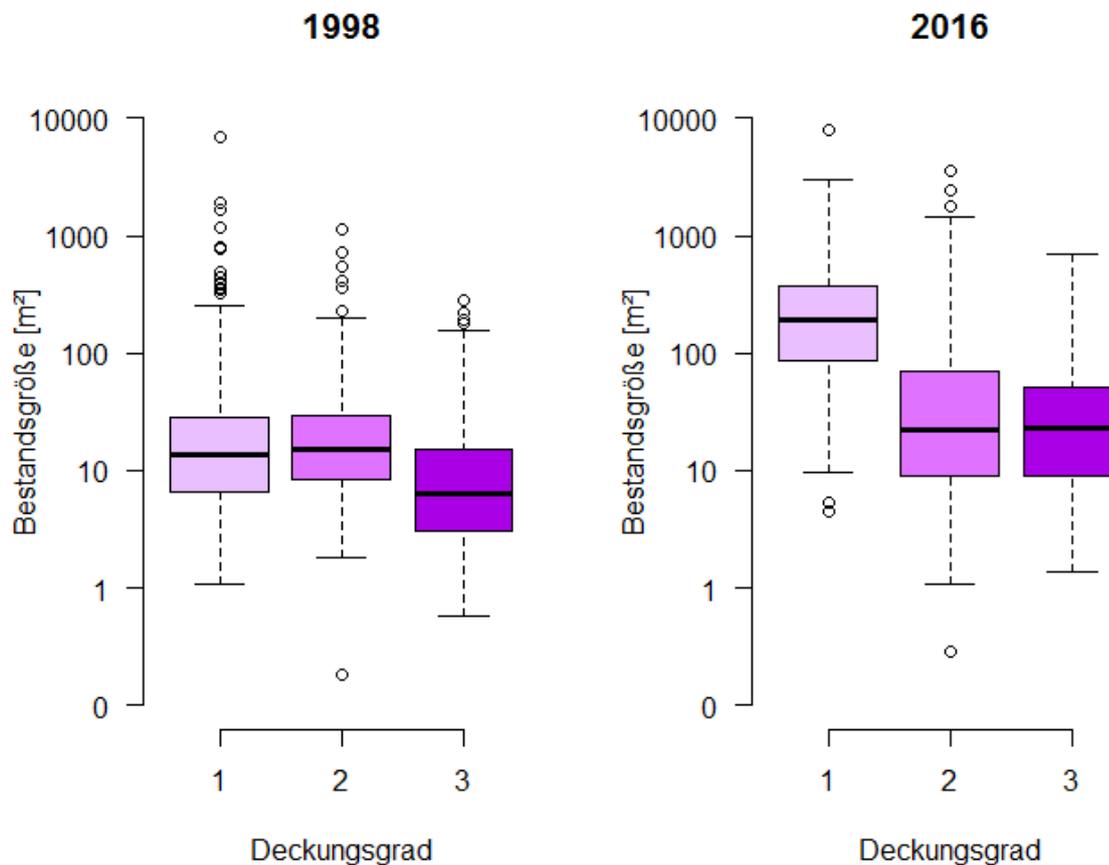


Abbildung 6: Bestandsgrößen von *L. polyphyllus* in drei Deckungsgradklassen: 1 (1 – 5 % Deckung), 2 (6 – 50 % Deckung) und 3 (51 – 100 % Deckung) in den Jahren 1998 und 2016. Das Box-Whisker-Diagramm zeigt den Median mit dem Interquartilsabstand als Box und dem anderthalbfachen Interquartilsabstand als Whisker, Punkte repräsentieren Ausreißer.

Bei der Change Detection wurden Änderungen in der Deckung von *L. polyphyllus* auf insgesamt 115 ha ermittelt (Abbildung 7). Der Großteil dieser Änderungen zeigte eine zunehmende Lupinendeckung (insgesamt auf 80,9 ha) (Abbildung 8). Auf deutlich kleineren Flächen wurden abnehmende Lupinendeckungen (24,6 ha) oder keine Änderungen (9,5 ha) festgestellt (der Klassenübergang von „ohne Lupinendeckung“ zu „ohne Lupinendeckung“ ist nicht berücksichtigt). Die wichtigste Ausgangsklasse der 2016 existierenden Lupinenbestände ist die Klasse „ohne Lupinendeckung“ mit 72,1 ha, d.h. ein Großteil der 2016 vorhandenen Lupinenbestände hat Bereiche besiedelt, die 1998 noch nicht besiedelt waren. Das gilt auch für Lupinenbestände hoher Deckung. Darüber hinaus wird deutlich, dass nur bei einem sehr geringen Anteil der Bestände keinerlei Änderungen in Lage oder Lupinendeckung festzustellen war.

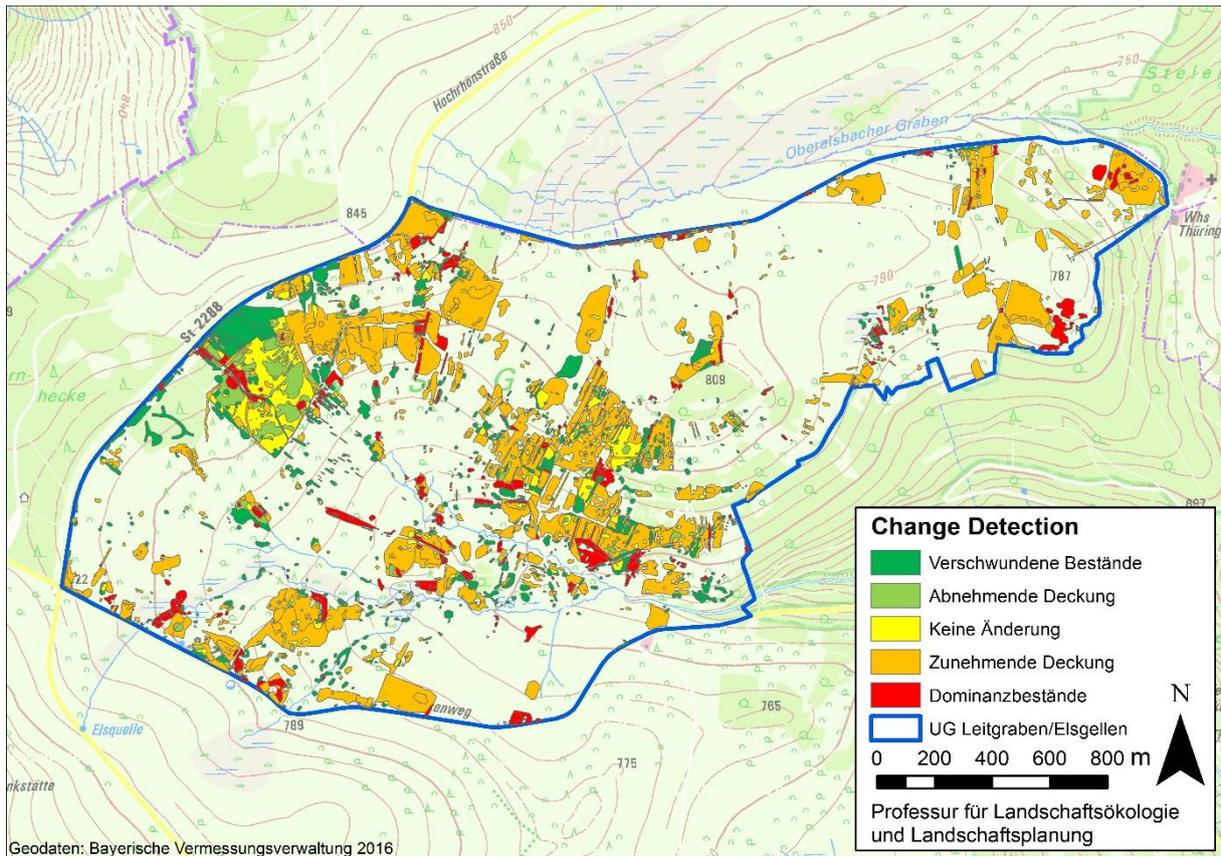


Abbildung 7: Karte der Änderung der Lupinenbestandsklassen zwischen den Jahren 1998 und 2016 im Gebiet Leitgraben/Elsquellen mit den fünf Änderungsklassen.

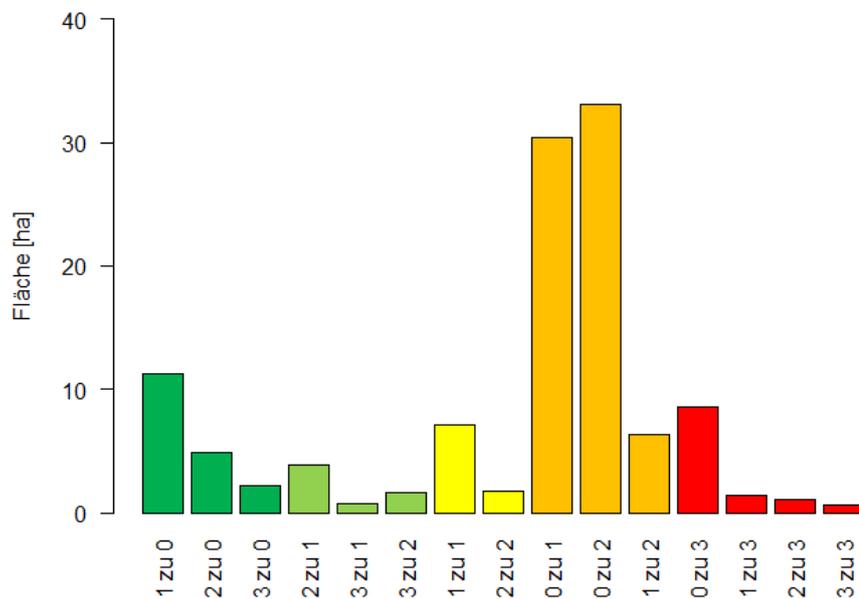


Abbildung 8: Gesamtfläche der aus der Change Detection (1998 vs. 2016) resultierenden Klassenänderungen. Von links nach rechts sind verschwundene Bestände (dunkelgrün), abnehmende Deckung (hellgrün), keine Änderung (gelb), zunehmende Deckung (orange) und entstehende Dominanzbestände (rot) dargestellt. Klassen: 0 = keine, 1 = 1 – 5 %, 2 = 6 – 50 %, 3 = 51 – 100 % Lupine.

4.1.2 Analyse linienförmiger Habitate

Bei der Luftbildkartierung der linienförmigen Habitate wurden insgesamt 346 Lesesteinriegel und etwa 25 km Wegenetz erfasst (Abbildung 9). Das Gebiet Leitgraben/Elsgellen wird auf drei Seiten von Straßen eingefasst, im Gebiet selbst finden sich ausschließlich unbefestigte Wirtschafts- und Wanderwege. Der einzige für die Öffentlichkeit zugängliche Wanderweg verläuft am Ostrand des Gebiets. Wege (inklusive 5 m-Wegränder) bedecken etwa 46,8 ha Fläche im Gebiet Leitgraben/Elsgellen. Lesesteinriegel finden sich im gesamten Gebiet, besonders hoch ist ihre Dichte im Zentrum. Sie bedecken etwa 12 ha des Gebiets. Die Analyse der Lupinenvorkommen der Wege und Wegränder im Gebiet Leitgraben/Elsgellen (Abbildung 10) zeigt, dass etwa 9,2 ha (20 % ihrer Gesamtfläche) durch Lupinenbestände bedeckt sind, während es in Lesesteinriegeln etwa 2,7 ha sind (22 % der Gesamtfläche). Es fällt auf, dass in linearen Habitaten Dominanzbestände von *L. polyphyllus* einen größeren Anteil an der Gesamtfläche einnehmen als im gesamten Gebiet Leitgraben/Elsgellen. Es finden sich also etwas häufiger Dominanzbestände in Lesesteinriegeln und auf Wegen/an Wegrändern als in anderen Biotopen.

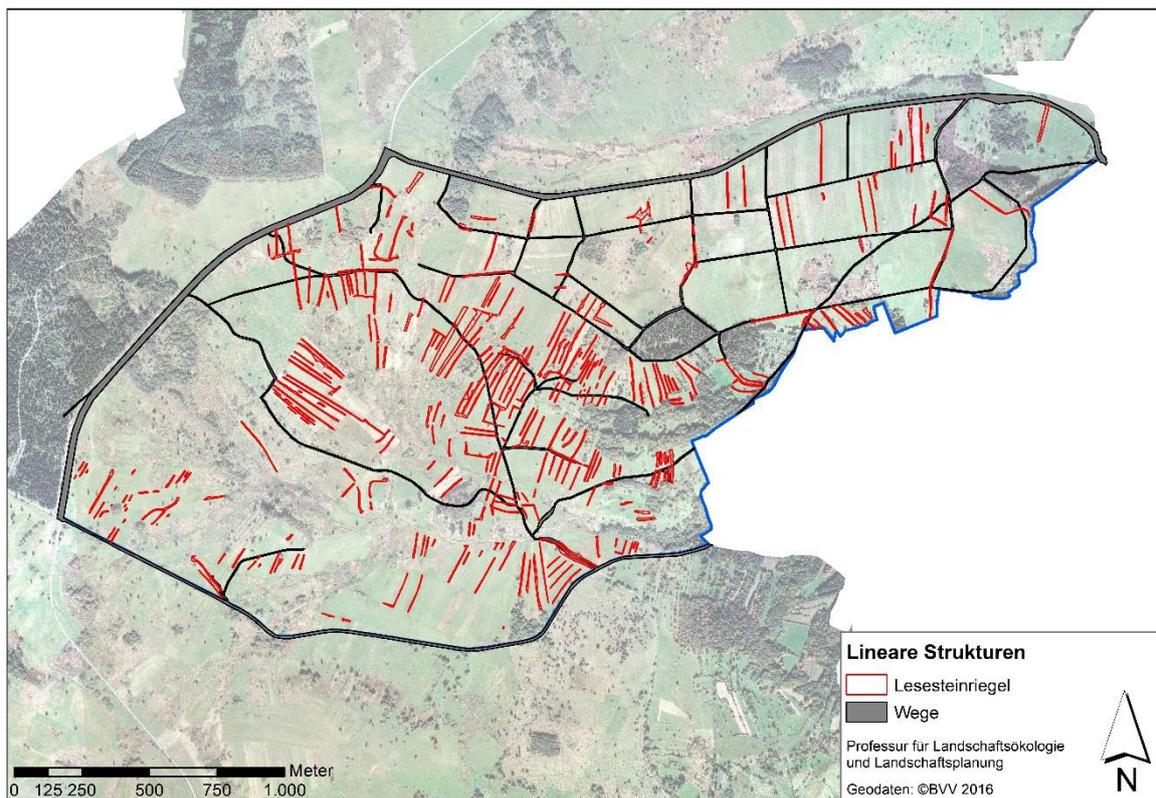


Abbildung 9: Karte der linienförmigen Habitate (Lesesteinriegel und Wege) im Gebiet Leitgraben/Elsgellen.

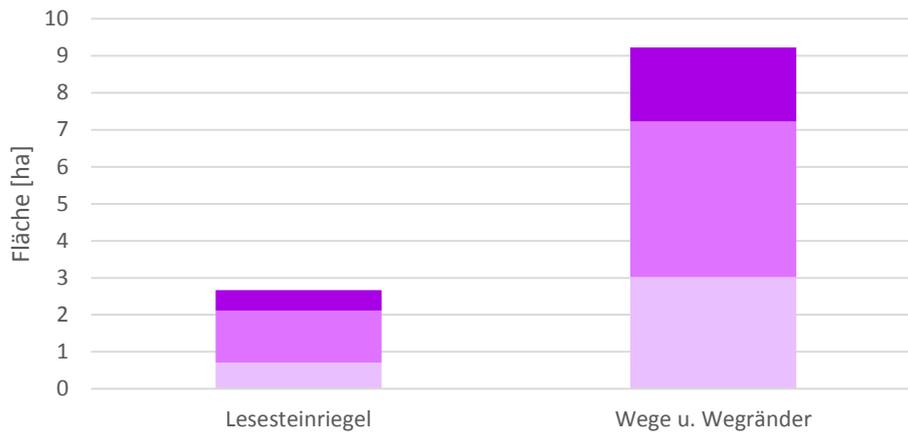


Abbildung 10: Gesamtfläche der Lupinenbestände der drei Deckungsgradklassen im Gebiet Leitgraben/Elsgellen in Lesesteinriegeln und an Wegen/Wegrändern im Vergleich. Die unterschiedlichen Farben zeigen die Lupinendeckung innerhalb der Bestände: hellviolett zeigt Lupinenbestände niedriger Deckung (1 – 5 % Lupine), violett Lupinenbestände mittlerer Deckung (6 – 50 % Lupine), in dunkelviolett sind Dominanzbestände dargestellt (51 – 100 % Lupine).

4.2 Potentiale für die Restituierung artenreicher Bergwiesen

4.2.1 Nährstoffverfügbarkeit

Die Analysen der Nährstoffverhältnisse ergaben, dass sich die Nährstoffe je nach Vegetationstyp und Lupinendeckung unterschiedlich verhalten. Der Gesamtgehalt des Stickstoffs in der Bodenlösung wurde signifikant von den Faktoren Vegetationstyp (VegTyp, $F_{2,36} = 4,48$, $p < 0,05$) und dem Zeitpunkt der Messung (ZEIT, $F_{2,72} = 10,087$, $p < 0,0001$) beeinflusst (Tabelle 5). Die vier Lupinendeckungsgradklassen ($F_{3,36} = 1,247$, $p = 0,307$) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Stickstoffgehalte in der Bodenlösung. Weiterhin gab es keine Interaktionen zwischen den erfassten Faktoren.

Tabelle 5: Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholungen für den Gesamtstickstoffgehalt; (SQ = Summe der Abweichungsquadrate, FG = Freiheitsgrade, MQ = mittleres Abweichungsquadrat, F = Fehler, p = Signifikanzwert).

Einflussfaktor	SQ	FG	MQ	F	p
VegTyp	0,60012	2	0,30006	4,479	< 0,05
Lupinus	0,25051	3	0,0835	1,247	0,3072
VegTyp*Lupinus	0,37193	6	0,06199	0,925	0,4885
Fehler	2,4116	36	0,06699		
ZEIT	0,72361	2	0,36181	10,087	0,0001
ZEIT*VegTyp	0,12947	4	0,03237	0,902	0,4673
ZEIT*Lupinus	0,38809	6	0,06468	1,803	0,1105
ZEIT*VegTyp*Lupinus	0,71408	12	0,05951	1,659	0,0946
Fehler	2,5825	72	0,03587		

Die Stickstoffgehalte der Goldhaferwiesen (frisch) unterschieden sich signifikant von denen der Borstgrasrasen (Abbildung 11 a). In den Borstgrasrasen wurden im Vergleich mit den zwei Goldhaferwiesentypen deutlich höhere Stickstoffgehalte in der Bodenlösung erfasst. Es zeigte sich weiterhin, dass der pflanzenverfügbare Stickstoff im Boden unabhängig vom Vegetationstyp und der Lupinendeckung im Verlauf der Vegetationsperiode kontinuierlich abnahm (Abbildung 11 b). Hier waren die Werte aus den Monaten Mai und August signifikant höher als diejenigen aus Oktober. Die unterschiedlichen Deckungsgrade der Lupine haben zwar keinen signifikanten Einfluss auf den Gesamtgehalt an Stickstoff im beprobten Boden (Tabelle 5, $p = 0,307$), jedoch zeigte sich eine Tendenz hin zu erhöhten Gehalten mit zunehmenden Lupinendeckungsgraden (Abbildung 11 c). Die Auswertung der Anteile von Ammonium und Nitrat am Stickstoff zeigte, dass vor allem in den Goldhaferwiesen (feucht) und den Borstgrasrasen kaum Nitrat nachweisbar war (alle Werte nahe der Nachweisgrenze). Trotzdem war eine Tendenz zu steigenden Nitratgehalten mit steigendem Lupinendeckungsgrad erkennbar, wenngleich diese im analysierten Datensatz nicht signifikant war.

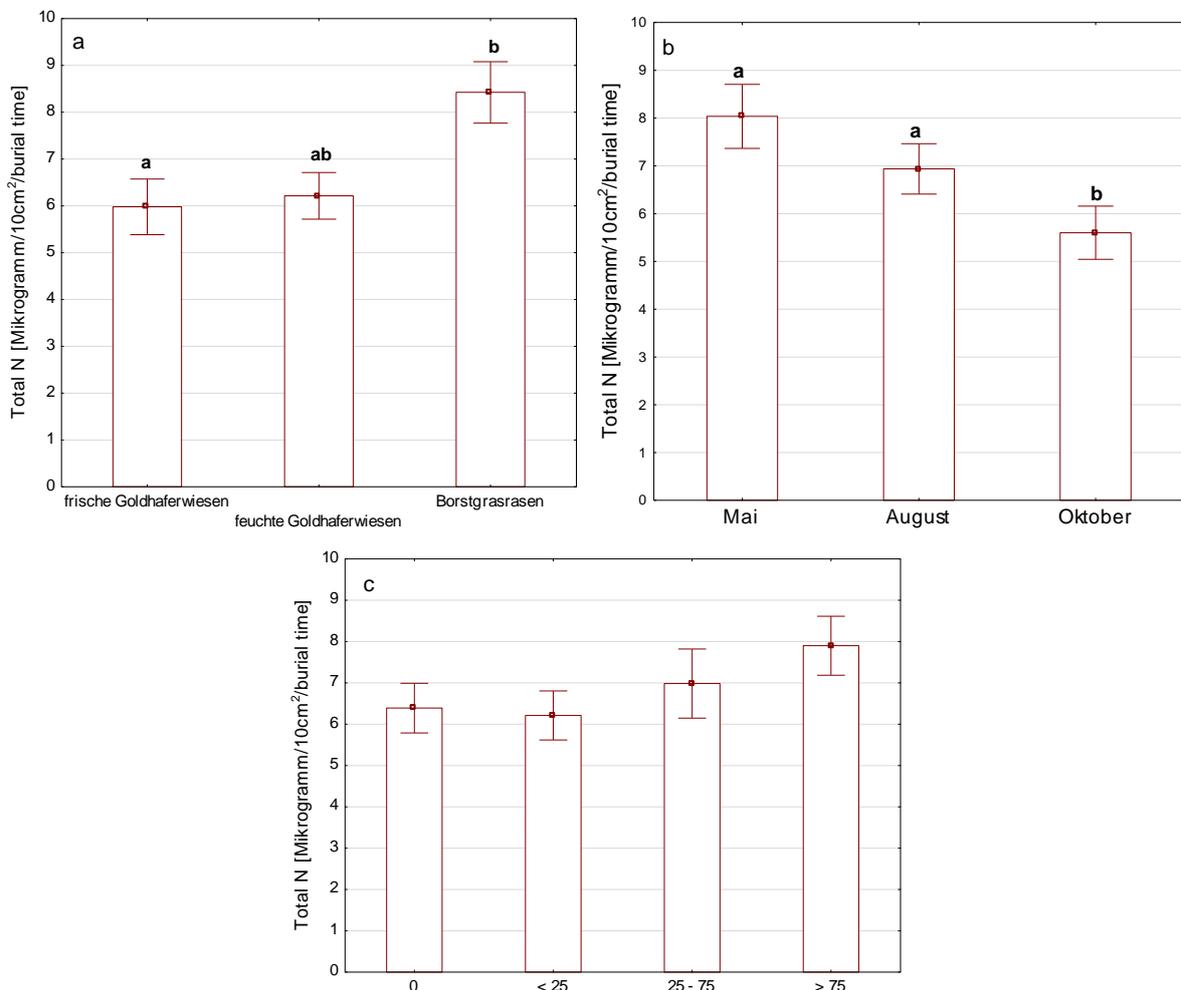


Abbildung 11: Ergebnisse der Varianzanalyse für den pflanzenverfügbaren Stickstoff (in Grafik a kategorisiert nach dem Vegetationstyp, in Grafik b nach dem beprobten Zeitraum und in Grafik c nach dem Lupinendeckungsgrad in %); Buchstaben zeigen Signifikanzen ($p < 0,05$) und die vertikalen Balken den Mittelwert \pm Standardfehler.

Phosphor wurde als weiteres essentielles Nährelement auf seine Abhängigkeit von den untersuchten Faktoren Vegetationstyp, Lupinendeckung und Zeitpunkt der Messung hin analysiert (Tabelle 6). Im Gegensatz zum Stickstoff wurde das pflanzenverfügbare Phosphat im Boden signifikant von der Lupinendeckung beeinflusst ($F_{3,36} = 3,486$, $p < 0,001$). Ähnlich wie beim Stickstoff wurde das Phosphat signifikant von den Faktoren Vegetationstyp und Zeit beeinflusst. Weiterhin gab es für diese beiden Faktoren eine höchst signifikante Interaktion ($F_{4,12} = 5,253$, $p < 0,001$, Tabelle 6). Der Phosphatgehalt von nicht durch *L. polyphyllus* invadierten Flächen liegt deutlich unter den Werten aller Flächen unterschiedlicher Lupinendeckungsgrade (Abbildung 12). Eine steigende Lupinendeckung führte hierbei nicht zu weiter steigenden Gehalten an pflanzenverfügbarem Phosphat im Boden.

Tabelle 6: Ergebnis der ANOVA mit Messwiederholungen für den Phosphatgehalt; (SQ = Summe der Abweichungsquadrate, FG = Freiheitsgrade, MQ = mittleres Abweichungsquadrat, F = Fehler, p = Signifikanzwert).

Einflussfaktor	SQ	FG	MQ	F	p
VegTyp	3,0272	2	1,5136	21,903	< 0,0001
Lupinus	0,7227	3	0,2409	3,486	0,0255
VegTyp*Lupinus	0,2867	6	0,0478	0,691	0,6580
Fehler	2,4877	36	0,0691		
ZEIT	6,1433	2	3,0717	70,535	< 0,0001
ZEIT*VegTyp	0,915	4	0,2287	5,253	< 0,0010
ZEIT*Lupinus	0,1411	6	0,0235	0,54	0,7761
ZEIT*VegTyp*Lupinus	0,2283	12	0,019	0,437	0,9431
Fehler	3,1355	72	0,0435		

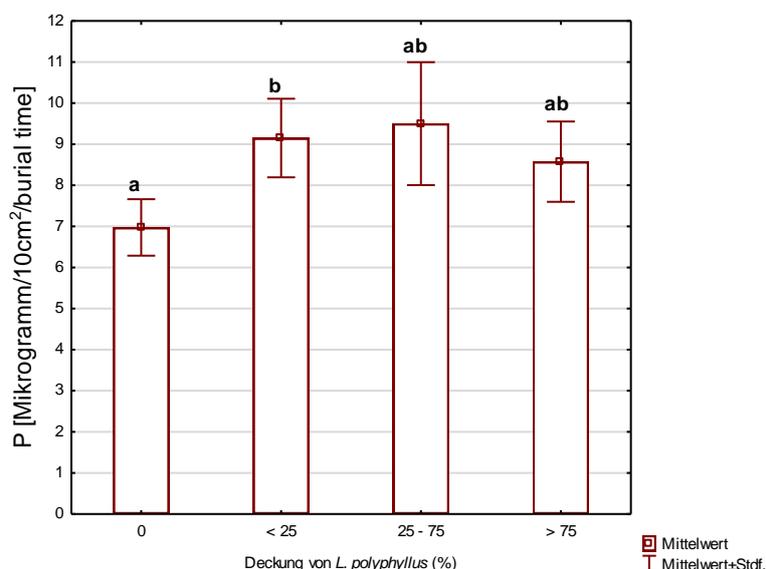


Abbildung 12: Darstellung der ANOVA Ergebnisse für das pflanzenverfügbare Phosphat in Abhängigkeit von der Lupinendeckungsgradklasse; die Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen nach dem Tukey HSD Test.

4.2.2 Samenbankuntersuchung

In der Samenbankanalyse keimten insgesamt 14.342 Samen in den 84 Proben. Auf die Borstgrasrasen entfielen dabei 1.767 Keimlinge, während 1.731 Keimlinge aus den Proben der frischen und 10.844 Keimlinge aus den Proben der feuchten Goldhaferwiesen keimten. Die identifizierten Keimlinge gehören 120 Arten an. Eine Übersicht über die gekeimten Arten aus den drei unterschiedlichen Vegetationstypen und bei zunehmender Lupinendeckung zeigen Tabelle A1 und A2 im Anhang. Von den insgesamt nachgewiesenen 120 Pflanzenarten sind 19 gemäß der Roten Liste der Gefäßpflanzen in Deutschland gefährdet, darunter *Trifolium spadicum* (stark gefährdet), sowie *Arnica montana*, *Crepis mollis*, *Pedicularis sylvatica*, *Phyteuma orbiculare* und *Trollius europaeus* (gefährdet) und weitere 13 Arten stehen auf der Vorwarnliste (Ludwig & Schnittler 1996). Insgesamt keimten lediglich fünf Keimlinge von *L. polyphyllus* aus den Bodenproben.

Die Artenzusammensetzung der Samenbanken unterscheidet sich deutlich von der der aktuellen Vegetation (Abbildung 13). Von den insgesamt 188 Pflanzenarten in der Samenbank und der aktuellen Vegetation der Bergwiesen kamen 91 Arten sowohl in der Samenbank als auch in der aktuellen Vegetation, 29 Arten nur in der Samenbank und 68 Arten nur in der aktuellen Vegetation vor (siehe Tabelle A2 im Anhang). Zudem weist die aktuelle Vegetation höhere Artenzahlen auf als die Samenbanken. Weiterhin zeigt sich, dass sich die Artenzusammensetzungen der frischen und feuchten Goldhaferwiesen in der aktuellen Vegetation kaum voneinander unterscheiden, jedoch von der der Borstgrasrasen abweichen (Abbildung 14). Die Artenzusammensetzungen der Samenbanken der drei Vegetationstypen sind deutlich unterschiedlich zu denen der aktuellen Vegetation, unterscheiden sich aber auch untereinander. Diese Auftrennung ist mit niedrigeren pH-Werten in den Borstgrasrasen und höheren pH-Werten in den Goldhaferwiesentypen korreliert (Abbildung 14). Die Lupinendeckung wirkte sich insbesondere auf die Artenzusammensetzung der aktuellen Vegetation aus. Es ist zu erkennen, dass sich die Artenzusammensetzung der aktuellen Vegetation über die Vegetationstypen hinweg bei zunehmender Lupinendeckung ähnlicher wird, da die Plots mit hohen Lupinendeckungsgraden in der Ordination nah beieinander liegen (Abbildung 15). Demgegenüber wurde die Artenzusammensetzung der Samenbanken weniger durch die zunehmende Lupinendeckung beeinflusst.

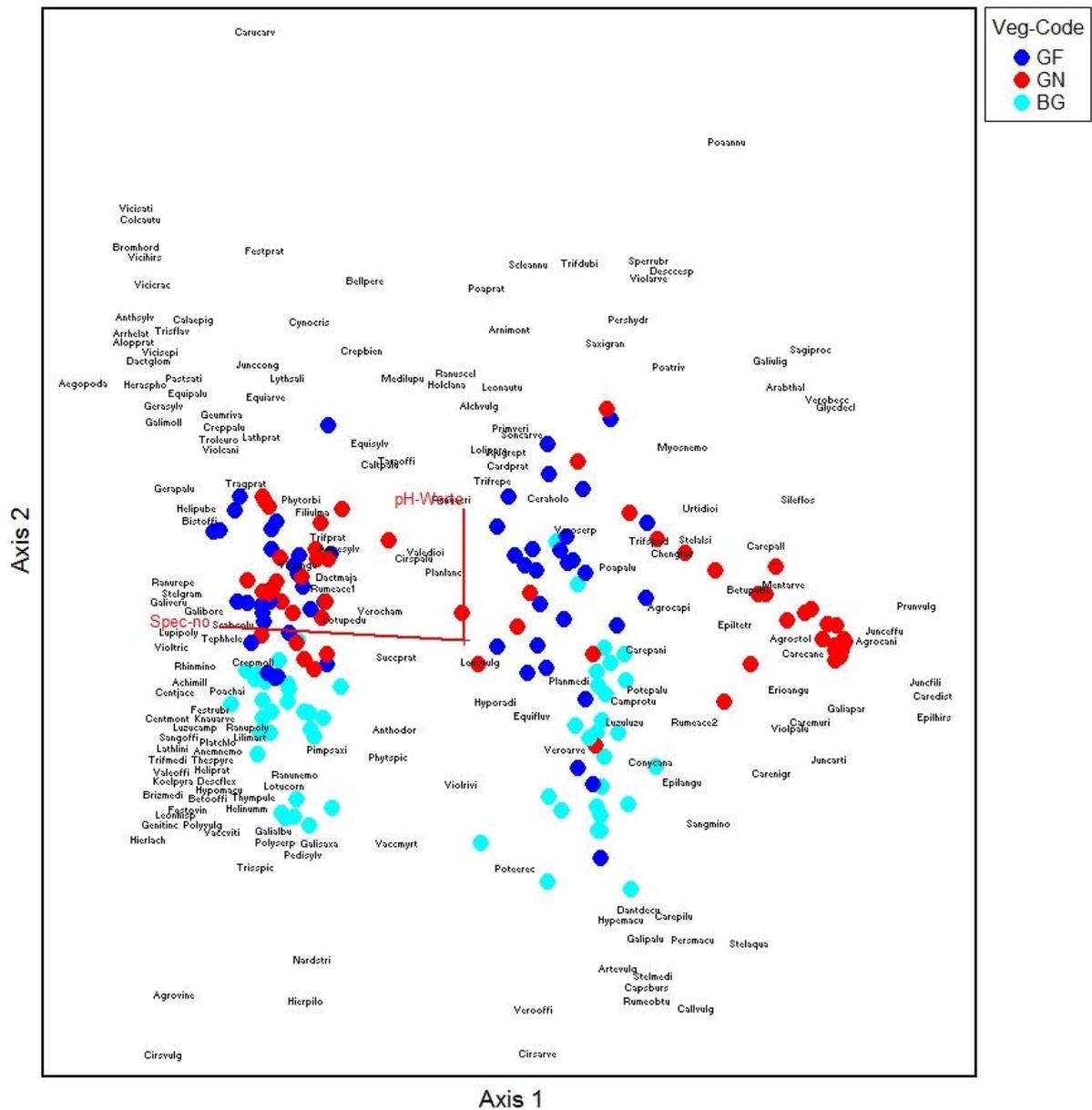


Abbildung 14: Ordination der Artenzusammensetzungen von Samenbank und aktueller Vegetation (vgl. Abbildung 13) mit dem Vegetationstyp als Gruppierungsvariable. Es ist zu erkennen, dass sich die Artenzusammensetzung der frischen und feuchten Goldhaferwiesen in der aktuellen Vegetation kaum voneinander aber von der der Borstgrasrasen unterscheidet. Die Artenzusammensetzungen der Samenbanken von den drei Vegetationstypen unterscheiden sich – bis auf einige Ausnahmen – voneinander (vgl. Abbildung 13). Die Total Inertia beträgt 8,2. Die erste Achse hat eine Gradientenlänge von 4,3 SD und einen Eigenwert von 0,7. Die zweite Achse weist eine Gradientenlänge von 3,2 SD und einen Eigenwert von 0,4 auf. Die Artnamen zu den Akronymen finden sich in Tabelle A1.

Goldhaferwiesen mit zunehmender Lupinendeckung abnimmt (Abbildung 16), allerdings ist diese Interaktion nicht signifikant (Tabelle 7). Auch die Artenzahlen in den Samenbanken der Bergwiesen unterschieden sich nur zwischen den Vegetationstypen signifikant, wobei die feuchten Goldhaferwiesen signifikant mehr Arten in den Böden aufwiesen, als die frischen Goldhaferwiesen oder die Borstgrasrasen (Abbildung 17 und Tabelle 8).

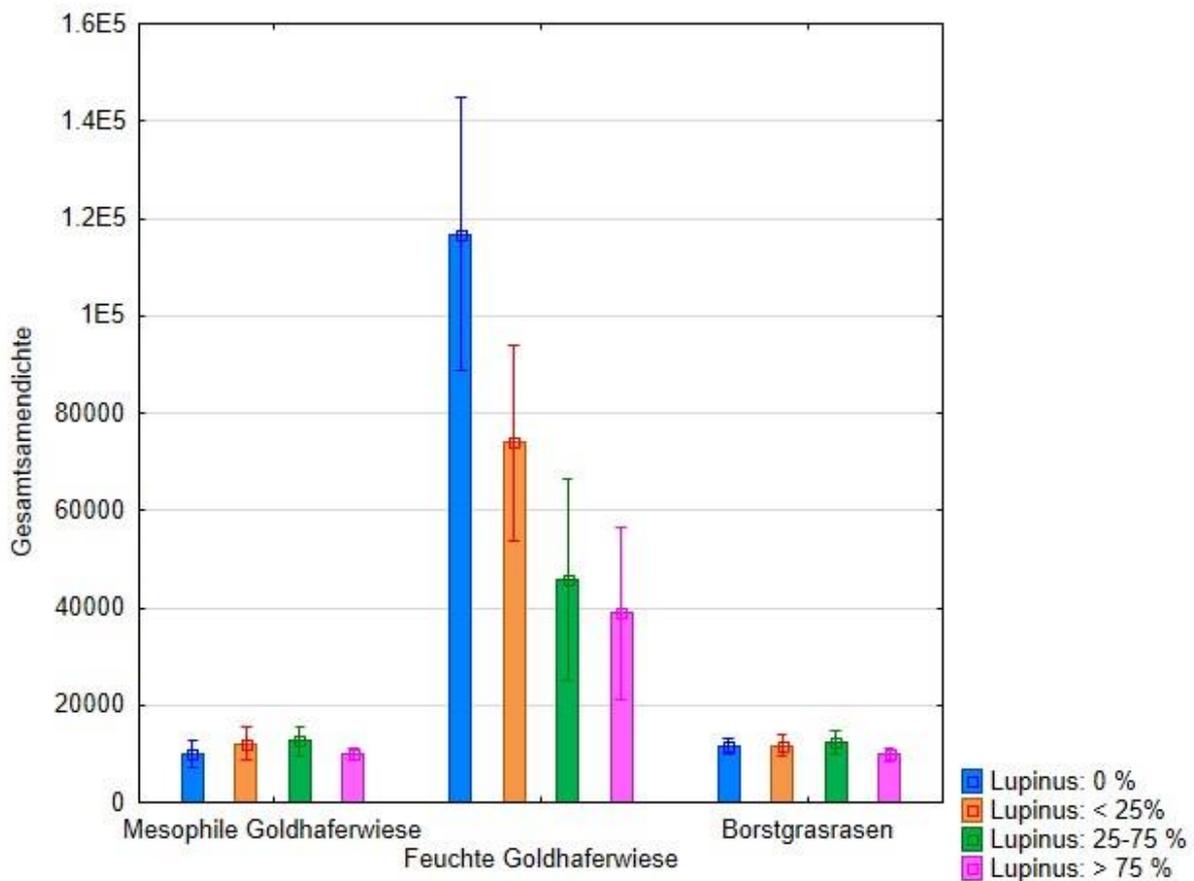


Abbildung 16: Samendichte im Boden (Samen m⁻²) in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckung (Mittelwerte und Standardfehler). Signifikante Unterschiede gibt es zwischen den Vegetationstypen (siehe Tabelle 8).

Tabelle 7: Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVA zur Analyse der Samendichte in den Boden-Samenbanken der Bergwiesen in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckungsgrad; (SQ = Summe der Abweichungsquadrate, FG = Freiheitsgrade, MQ = mittleres Abweichungsquadrat, F = Fehler, p = Signifikanzwert).

	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	7829.953	1	7829.953	12644.01	< 0.0001
Vegetationstyp	34.522	2	17.261	27.87	< 0.0001
Lupinendeckung	1.929	3	0.643	1.04	0.3808
Vegetationstyp*Lupinendeckung	4.011	6	0.668	1.08	0.3829
Fehler	44.587	72	0.619		

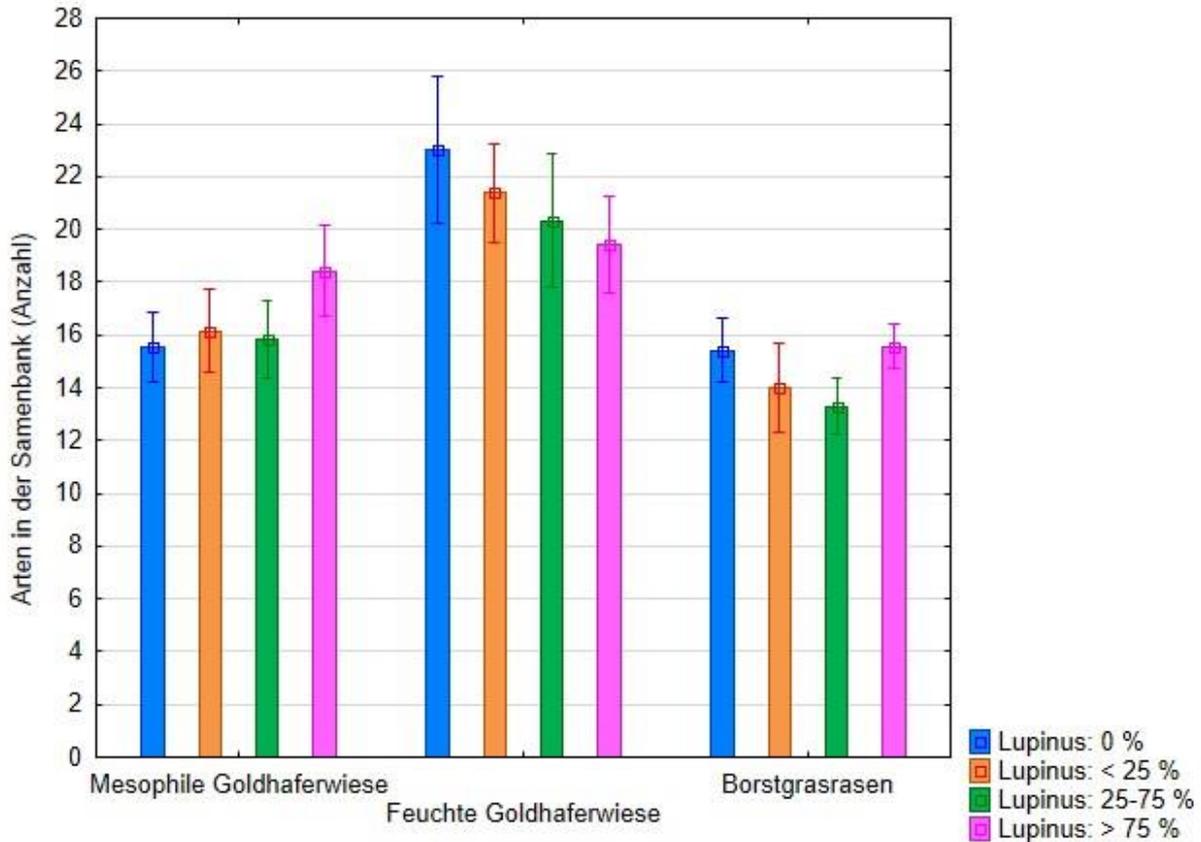


Abbildung 17: Anzahl der Arten in den Boden-Samenbanken in Abhängigkeit von Vegetationstyp und Lupinendeckungsgrad (Mittelwerte und Standardfehler).

Tabelle 8: Ergebnisse der zweifaktoriellen ANOVA zur Analyse der Artenzahl in den Boden-Samenbanken der Bergwiesen in Abhängigkeit von den Faktoren Vegetationstyp und Lupinendeckungsgrad; (Abkürzungen siehe Tabelle 7).

	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	25252.31	1	25252.31	1206.543	< 0.0001
Vegetationstyp	612.54	2	306.27	14.633	< 0.0001
Lupinendeckung	28.57	3	9.52	0.455	0.7145
Vegetationstyp*Lupinendeckung	82.05	6	13.67	0.653	0.6872
Fehler	1506.92	72	20.93		

4.2.3 Potentielle Spender- und Empfängerflächen für Mahdgutübertragung

Potentielle Spender- und Empfängerflächen für die Übertragung diasporenhaltigen Mahdguts im Untersuchungsgebiet können aus der Samenbankstudie und aus der GIS-Datenbank abgeleitet werden. Zur Frage, wie hoch die Flächenanteile von Spender- und Empfängerflächen sind, ergab sich für das Fokusgebiet Leitgraben folgende Aufteilung: Von der Gesamtfläche des Leitgrabens (430 ha) sind 78 % Grünland (338 ha). Auf ca. 61,7 % aller Wiesen (265 ha Grünland) im Leitgraben wächst *L. polyphyllus* in unterschiedlicher Dichte. Die Flächen mit der höchsten Dichteklasse von *L. polyphyllus* sind potentielle Empfängerflächen, insgesamt sind 3,7 % der Grünlandfläche durch Dominanzbestände der Stauden-Lupine bedeckt. Frei von *L. polyphyllus* sind auf der Schlagebene etwa 16,9 % der Wiesen, also insgesamt 72,6 ha. Dies sind somit derzeit potentielle Spenderflächen.

5 Diskussion

5.1 Ausmaß der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine

Seit dem Referenzjahr 1998 hat sich die durch Lupinenbestände beeinflusste Fläche im Gebiet Leitgraben/Elsgellen mehr als verdoppelt. Auch die Konfiguration der Lupinenbestände, also ihre räumliche Beziehung zueinander, hat sich deutlich verändert. Im Jahr 1998 finden sich deutlich kleinere Lupinenbestände, die weit über das Gebiet verteilt sind. Im Jahr 2016 dagegen ist die mittlere Bestandsgröße deutlich angestiegen, während die Gesamtzahl an Lupinenbeständen etwas abgesunken ist. Dies ist damit zu begründen, dass zahlreiche kleine Lupinenvorkommen von 1998 bis 2014 oft miteinander verschmolzen sind und sich zwischen vormals voneinander getrennten Beständen vorhandene Lücken geschlossen haben. Das hat dazu geführt, dass 2016 große Teile des Untersuchungsgebiets von zusammenhängenden Lupinenbeständen bedeckt sind. Gleichzeitig ist bei vielen bereits 1998 vorkommenden Lupinenbeständen eine Vergrößerung der Bestände oder eine Erhöhung der Lupinendeckung festzustellen. Dies deckt sich mit Beobachtungen aus Patagonien, wo in Flussbetten innerhalb weniger Jahre nach der Besiedelung durch *L. polyphyllus* eine deutliche Zunahme in der Bestandsdichte beobachtet wurde (Meier, Reid & Sandoval 2013). Die generelle Zunahme der Bestandsflächen liegt nicht zuletzt in den späten Mahdzeitpunkten in der Rhön begründet (Volz, 2003; Otte & Maul, 2005).

Die Zunahme der Lupinenbestände im gesamten Gebiet zeigt, dass die bisher durchgeführten Landschaftspflegemaßnahmen die Ausbreitung der Lupine nicht verhindern konnten, sondern diese möglicherweise sogar gefördert haben. Ab 2015 wurde allerdings eine Änderung der Landschaftspflegemaßnahmen vorgenommen. So wurden die Mahdzeitpunkte für viele Flächen im NSG Lange Rhön wieder vorverlegt. Die Auswirkungen dieser Veränderung der Bewirtschaftungsweise sind noch nicht abzusehen, langfristig ist jedoch eine Zurückdrängung der Stauden-Lupine, zumindest in den Wiesen, zu erwarten. Allerdings war dies zum Zeitpunkt der Geländebegehung 2016 noch nicht sichtbar. Zudem könnte die Zunahme der Flächen hoher Deckungsgrade zumindest teilweise auf die bessere Qualität der Luftbilder von 2014 sowie auf die Geländebegehung zurückzuführen sein, da diese eine genauere Abgrenzung und Identifikation kleinerer, dichter Lupinenbestände zulassen.

Insgesamt sind die Ausbreitungswege und -vektoren von *L. polyphyllus* bisher nur unzureichend untersucht worden, jedoch gibt es Indizien dafür, dass eine Verschleppung über das Straßennetz oder den Straßenverkehr stattfindet (Volz 2003; Jolitz 2013). Diese Verschleppung der Samen kann für die Fernausbreitung einer Art in der Landschaft von entscheidender Bedeutung sein (Taylor *et al.* 2012). Für die Entwicklung der Lupinenbestände innerhalb der Flächen des Leitgrabens (abseits des Straßennetzes) ist es zudem möglich, dass eine Ausbreitung über die Maschinen der landschaftspflegenden Landwirte stattfindet. Auch ist es wahrscheinlich, dass eine endozoochore Ausbreitung durch die Wanderschäferei, die im Gebiet großflächig als Pflegemaßnahme durchgeführt wird, eine Rolle spielt. Otte *et al.* (2002) konnten nachweisen, dass *L. polyphyllus*-Samen die Darmpassage von Schafen weitgehend unbeschadet überstehen und die Keimfähigkeit bewahren.

Für eine nachhaltige Zurückdrängung der Lupine und vor allem für eine Vermeidung der Besiedlung weiterer, heute noch intakter Bergwiesen sind deswegen weitere Untersuchungen

notwendig, die diese Ausbreitungsvektoren und -wege quantifizieren und aus den Erkenntnissen Handlungsempfehlungen für die Landschaftspflege ableiten.

Die Analyse der linienförmigen Habitate im Gebiet Leitgraben/Elsgellen belegt den hohen Strukturreichtum des Gebiets. Dies ist allerdings kritisch zu bewerten, da invasive Arten wie *L. polyphyllus* gerade in Randbereichen von Flächen nur schwierig effektiv zu bekämpfen sind. Zwar ergaben die Untersuchungen insgesamt keine überdurchschnittlich hohen Vorkommen von *L. polyphyllus* in diesen Habitaten, jedoch zeigen die Ergebnisse, dass verstärkt Lupinenbestände hoher Deckungsgrade in Lesesteinriegeln und an Wegrändern vorkommen, sodass von dort aus grundsätzlich eine Wiederausbreitung von *L. polyphyllus* in die angrenzenden Flächen möglich ist. Zudem wird durch die Beschattung durch die hochwüchsige Stauden-Lupine die Habitatfunktion der Lesesteinriegel beeinträchtigt.

5.2 Potentiale für die Restituierung artenreicher Bergwiesen

Die Böden der Rhöner Bergwiesen weisen Samenbanken mit Artenzusammensetzungen auf, die Vegetationstypen-spezifisch sind. Die Samenbanken umfassen 38 typische Pflanzenarten für Bergwiesen und Borstgrasrasen (nach Oberdorfer 1977) sowie 17 Rote Liste Arten (siehe Tabelle A1). Mit insgesamt 120 Pflanzenarten wurden mehr Arten als in anderen Studien zu Samenbanken von Bergwiesen nachgewiesen (Reiné, Chocarro & Fillat 2004; Török *et al.* 2009; Pruchniewicz *et al.* 2016). Diese Spezifika kombiniert mit einer geringen Samendichte von *L. polyphyllus* stellen eine gute Grundlage für die Aktivierung der Samenbank zur Restituierung der artenreichen Bergwiesen dar. Die Gefahr der Förderung der Stauden-Lupine bei Aktivierung der Samenbank im Rahmen von Restituierungsmaßnahmen kann daher als gering eingeschätzt werden.

Im Gegensatz zu der Artenzusammensetzung der aktuellen Vegetation wurden die Samenbanken der Bergwiesentypen bisher wenig durch die zunehmende Lupinendeckung beeinflusst. Der homogenisierende Effekt von *L. polyphyllus* auf die Artenzusammensetzung der aktuellen Vegetation (größere Ähnlichkeit der Flächen mit Lupine) wurde ebenfalls entlang von Straßen in Finnland festgestellt (Valtonen, Jantunen & Saarinen 2006) und scheint somit typisch für die Lupine zu sein. Auch dass es eine zeitliche Verzögerung in der Beeinflussung von Samenbanken durch invasive Arten gibt, wurde in der Literatur festgestellt (zum Überblick Review von Gioria & Pyšek 2016). Derzeit handelt es sich noch um geeignete Samenbanken zur Restituierung von Bergwiesen. Allerdings ist es möglich, dass sich bei weiterhin hoher Deckung von *L. polyphyllus* und den dadurch geförderten Arten die Samenbank langfristig ändern könnte und zukünftig als nicht mehr geeignet zur Restituierung von Bergwiesen angesehen werden müsste. Allerdings ist derzeit noch nicht klar, wie lange die Verzögerung zwischen der Beeinflussung der aktuellen Vegetation und der Samenbank durch die Lupine dauert. Die dynamischen Prozesse zwischen aktueller Vegetation und Samenbank sind in Hinblick auf invasive Arten bisher noch größtenteils ungeklärt.

Allgemein hat sich gezeigt, dass die Samendichte im Boden der untersuchten Bergwiesen stark variiert, sowohl zwischen den feuchten Goldhaferwiesen und den anderen untersuchten Wiesentypen, als auch zwischen den einzelnen Pflanzenarten. Damit reiht sich diese Untersuchung in eine Vielzahl früherer Beobachtungen ein. Leck *et al.* (1989) geben für

Marschen Beispiele von 191 bis 110.000 Samen m^{-2} an (allerdings auf verschiedene Bodentiefen bezogen). Die Samendichte einzelner Arten ist laut Thompson *et al.* (1997) sehr variabel und artspezifisch und daher ist große Variation eine typische Eigenschaft von Samenbanken. Die meisten Arten in der Datenbank von Thompson *et al.* (1997) haben Samendichten von weniger als 500 Samen m^{-2} , mittlere Samendichten bis 5.000 Samen m^{-2} sind keine Seltenheit und maximale Werte von 300.000 bis 500.000 Samen m^{-2} werden für einzelne Arten angegeben. Die Samendichten in der vorliegenden Studie liegen ebenfalls in diesem Bereich: Die meisten Arten weisen Samendichten bis 500 Samen m^{-2} und einige Arten bis 5.000 Samen m^{-2} auf. Einzig *Juncus effusus* hat Samendichten von knapp 50.000 Samen m^{-2} in den feuchten Goldhaferwiesen. Leck *et al.* (1989) stellen für Feuchtgebiete fest, dass deren Samenbanken häufig durch einzelne, meist einkeimblättrige Arten (Poaceae, Juncaceae) dominiert werden, die allein zwischen 15 % und 90 % der Samen ausmachen können. Besonders Arten der Gattung *Juncus* nehmen diese Position oft ein, da sie höchste Anzahlen von zumeist kleinen Samen produzieren (Harper 1977). Dies gilt auch für ungarische Bergwiesen (Török *et al.* 2009).

Dass sich die Artenzusammensetzung der Samenbanken so deutlich von der aktuellen oberirdischen Vegetation unterscheidet, ist ein wichtiges Ergebnis, da dies Auswirkungen auf die Wahl der Restituierungsmaßnahmen hat. Höhere Ähnlichkeiten zwischen Samenbanken und oberirdischer Vegetation als in der vorliegenden Studie wurden z. B. in deutschen Ostseesalzrasen festgestellt (Ludewig 2009). Ähnliche Muster wie in der vorliegenden Studie wurden aus Alvar-Grünland in Estland berichtet (Kalamees *et al.* 2012). In der vorliegenden Studie ist die aktuelle oberirdische Vegetation artenreicher als die Artenzusammensetzung in den Boden-Samenbanken. In einer Restituierung der Bergwiesen durch die Aktivierung der Samenbank würde daher nur ein Teil des gesamten Arteninventars gefördert werden. Um das gesamte Arteninventar zu restituieren wird die Aktivierung Samenbank somit vermutlich nicht ausreichen. Viele Arten der aktuellen Vegetation könnten aber über andere Maßnahmen (z. B. Mahdgutübertragung) auf die restituierten Wiesen übertragen werden.

Die Ergebnisse aus der Analyse der Stickstoffverhältnisse zeigen, dass unterschiedliche Vegetationstypen und der Verlauf der Vegetationsperiode einen signifikanten Einfluss auf die Gehalte pflanzenverfügbaren Stickstoffs haben. Die deutlich höheren Gehalte in den Borstgrasrasen fanden sich vor allem in den Daten der ersten Beprobung (Mai). Möglicherweise liegt dies am späteren Austreiben (verzögerte Phänologie) dieses Vegetationstyps (Schlüter, 1998). Der N-Entzug durch die aufwachsende Vegetation setzt in den Borstgrasrasen der Rhön etwas später ein als bei den Goldhaferwiesen. In ihren typischen Ausprägungen sind die Borstgrasrasen gekennzeichnet durch eine kurzrasige, einschichtige Vegetation mit geringer Biomasse. Die hier aufwachsende Vegetation entzieht dem Boden also wesentlich weniger Nährstoffe als die wüchsigen Goldhaferwiesen. Als signifikanter Einflussfaktor wurde neben dem Vegetationstyp auch die Zeit (Verlauf der Vegetationsperiode) identifiziert. Zwischen Mai und August entzieht die aufwachsende Vegetation dem Boden Stickstoff. Signifikant geringer sind die Gehalte allerdings erst zum Zeitpunkt der letzten Beprobung am Ende der Vegetationszeit (Oktober). Hier ist die Vegetation maximal entwickelt und eine Rückführung des Stickstoffes über Mineralisierung der absterbenden Phytomasse hat zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingesetzt. Einer steigenden Bedeckung der untersuchten Flächen durch die Lupine

konnte in diesem Rahmen kein signifikanter Einfluss auf die Stickstoffgehalte nachgewiesen werden. Entgegen der Annahme, dass die Lupine den Boden mit Stickstoff anreichert (Prietz et al. 2008) scheint sie den mit Hilfe der Bakterien fixierten Stickstoff primär für ihren eigenen Stoffwechsel (Zuwachs) zu verwenden. Auch die Differenzierung des Stickstoffs auf die Fraktionen Ammonium und Nitrat zeigt noch einmal, dass das besser pflanzenverfügbare Nitrat von der Vegetation sofort aufgenommen wird und deshalb kaum frei (als Überschuss) in der Bodenlösung vorliegt (Myrold & Huss-Danell 2003). Trotzdem ist eine Tendenz zu höheren Nitratgehalten erkennbar, die über die Zeit zu einer Aufdüngung der Flächen führen kann (Volz 2003) und so in der Lage ist die Stickstoffgehalte im Boden nachhaltig zu verändern (Maron & Jefferies 1999).

Für den Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor wurden im Vergleich mit dem Stickstoff andere Faktoren als signifikante Einflussgrößen identifiziert. In den untersuchten Böden findet sich ein deutlich höherer Gehalt an verfügbarem Phosphor unter von der Lupine invadierten Flächen. Hier zeigt sich die Fähigkeit der Lupine im Boden festgelegte und nicht pflanzenverfügbare Phosphate zu mobilisieren (Aguilar & van Diest 1981). Dazu werden verschiedene Substanzen über die Wurzeln in den Boden abgegeben, die Phosphate lösen und deren Bindungsplätze einnehmen, so dass pflanzenverfügbares Phosphor in die Bodenlösung übergeht (Lambers, Clements & Nelson 2013). Dass eine steigende Invadierung keinen weiteren signifikanten Anstieg des verfügbaren Phosphors zur Folge hat, könnte am steigenden Bedarf der wuchskräftigen Vegetation liegen. Die dichteren Lupinenbestände würden demnach den mobilisierten Phosphor auch überwiegend selbst aufnehmen, so dass die Nährstoffgehalte in der Bodenlösung von Flächen mit hoher Lupinendeckung denen mit geringer Deckung ähnlich sind. Was schon die Analysen des Stickstoffs gezeigt haben, gilt nach diesen Ergebnissen auch für Phosphor. *L. polyphyllus* baut die von ihr aktivierten Nährstoffe überwiegend in die eigene Phytomasse ein, so dass diese vermutlich erst durch die Mineralisierung abgestorbener Phytomasse in den Boden rückgeführt werden.

Zusammenfassend haben die Stickstoffanalysen gezeigt, dass der pflanzenverfügbare Stickstoff von der Phytomasse während der Vegetationsperiode aufgenommen wird. Der quantitative Düngungseffekt durch *L. polyphyllus* lässt sich mit der verwendeten Methode somit nicht nachweisen. Die Phosphorgehalte der Bodenlösung steigen durch eine einsetzende Besiedlung der Flächen durch *L. polyphyllus* dagegen deutlich an. Umso wichtiger ist eine kontinuierliche Mahd dieser Flächen mit einer konsequenten Abfuhr der stickstoff- und phosphorreichen Biomasse, so dass diese nicht auf der Fläche mineralisiert werden und keine Rückführung der fixierten Nährstoffe stattfinden kann.

6 Öffentlichkeitsarbeit

6.1 Veröffentlichungen

Website

Eine gemeinsam gestaltete und formulierte Website für das Projekt wurde auf den Plattformen der Universitäten JLU Gießen und Kassel eingerichtet. Der Link zur Projektwebsite der JLU Gießen lautet:

<https://www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/ilr/loek/projekte/currproj/lupinus1>

Im Rahmen der Explorationsphase wurden vier Abschlussarbeiten erarbeitet:

Cichon, Matthias (2016) Nährstoffdynamik von *Lupinus polyphyllus* und den Böden der von ihr invadierten Goldhaferwiesen in der Hohen Rhön, Masterarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen

Horlemann, David (2017) Bestandsentwicklung von *Lupinus polyphyllus* auf Bergwiesen des NSG Lange Rhön zwischen 1998 und 2014, Bachelorarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen

Rothen, Sabrina (2017) Effekte des Erntezeitpunktes auf die Samenkeimung von *Lupinus polyphyllus* Lindl., Bachelorarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen

Witzmann, Heidelinde (2017) Wachstum und Vitalität von *Vaccinium myrtillus* L. in Abhängigkeit von ausgewählten Umweltbedingungen in der Hohen Rhön, Bachelorarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen

Drei internationale Veröffentlichungen aus den Daten der Explorationsphase sind in Bearbeitung bzw. in Planung:

Ludewig, Hansen, Klinger, Eckstein & Otte: Effects of invasive *Lupinus polyphyllus* on the seed bank composition of mountain meadows (in Bearbeitung)

Klinger, Eckstein, Otte & Ludewig: The invasion of *Lupinus polyphyllus* over the last decades in the Rhön Region (in Bearbeitung)

Horlemann, Klinger, Rothen, Otte & Ludewig: Seed ripening of *Lupinus polyphyllus* after cutting (in Planung)

6.2 Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern

Die Zusammenarbeit zwischen allen Projektpartnern verlief engagiert und konstruktiv. Im Vorfeld der Feldarbeit wurden Abstimmungstreffen zur Auswahl der Untersuchungsflächen mit Torsten Kirchner (Biosphärenreservat Rhön - Bayerische Verwaltungsstelle) und Ewald Sauer (Biosphärenreservat Rhön - Hessische Verwaltungsstelle) durchgeführt. Am 17.9. nahmen Y. Klinger und K. Ludewig am Workshop „Pfeifengraswiesen und borstige Rasen – Extensivgrünland zwischen Naturschutz und Pflege“ des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie teil. Am 29.09.2015 wurde das erste interne Projekttreffen mit den Kooperationspartnern der Universität Kassel durchgeführt, bei dem die Pläne für eigene und gemeinsame Untersuchungen für die Explorationsphase besprochen wurden. Danach wurden gemeinsame Tests zur fernerkundlichen Erfassung von Lupinenbeständen nach Absprache mit Herrn Kirchner im Gelände durchgeführt. Am 16.10.2015 fand das Kick-Off-Meeting des Projekts mit Teilnehmern von beiden Universitäten sowie der hessischen und bayerischen Verwaltung des Biosphärenreservats statt. Dabei wurden der Sachstand der bereits durchgeführten Feldarbeit, die Möglichkeit der Finanzierung einer Anlage zur Biomasseverwertung sowie die Bereitstellung der Geodaten für die GIS-Datenbank besprochen. Bei einem Projekttreffen am 21.01.2016 in Gießen wurde ein Projekttreffen im März 2016 in Oberelsbach mit allen Kooperationspartnern vorbereitet. Bei diesem wurden die ersten Ergebnisse präsentiert, Pläne für den weiteren Verlauf der Explorationsphase besprochen und konkrete Ideen für die Hauptphase des Projekts zusammengetragen. Der Antrag für die Hauptphase wurde gemeinsam mit den Partnern der Universität Kassel formuliert und im November 2016 bei der DBU eingereicht. Im September 2016 wurde zudem durch K. Ludewig eine Session zu den Effekten von invasiven Arten auf Ökosysteme bei der Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie mitorganisiert.

7 Ausblick

Die im Rahmen dieses Explorationsprojekts erarbeiteten Ergebnisse zu dem Ausmaß der aktuellen Verbreitung von *L. polyphyllus* in der Rhön und den Potentialen für eine Restituierung artenreicher Bergwiesen zur Erhaltung der Artenvielfalt sollen die Grundlage für ein darauf aufbauendes Folgeprojekt sein. Der Antrag für die Hauptphase wurde gemeinsam mit den Partnern der Universität Kassel formuliert, so dass auch die Erkenntnisse zur möglichen energetischen Nutzung des Lupinen-Aufwuchses in das folgende Projekt einfließen werden. Ziel der Hauptphase ist ein Konzept zur dauerhaften Restituierung und Erhaltung großflächigen, artenreichen Grünlands in Mittelgebirgsregionen zu entwickeln und zu erproben. In einer ersten Phase (24 Monate) wird hierfür die Bergwiesen-Restituierung durch die Aktivierung der Samenbank und die Übertragung diasporenhaltigen Mahdguts erprobt und die Ausbreitungsprozesse von *L. polyphyllus* werden auf Landschaftsebene analysiert. Weiterhin werden die Effekte eines für die Reduktion von *L. polyphyllus* geeigneten Schnittregimes auf die bioenergetische Verwendung des jährlichen Grünschnitts von Bergwiesen untersucht und die Erfassung der Dynamik von *L. polyphyllus* durch Methoden der Fernerkundung erprobt. In einer zweiten Phase (12 Monate) werden schließlich die Ergebnisse aus allen APs in einer Synthese in Form eines Prognosemodells zusammengeführt und die

Weitergabe der Erkenntnisse wird durch den Aufbau eines Netzwerkes mit anderen Akteuren, durch die gemeinsame Erarbeitung einer Broschüre und über eine Projektwebsite sichergestellt.

8 Fazit

Das Explorationsvorhaben zur Analyse des Ausmaßes der aktuellen Verbreitung der Stauden-Lupine in der Rhön und der Potentiale für die Restituierung artenreicher Bergwiesen zur Erhaltung der Artenvielfalt ist erfolgreich verlaufen. Für die GIS-Datenbank wurden sämtliche extern angefragten Daten bereitgestellt. Die Analyse der zeitlichen Entwicklung der Verbreitung der Stauden-Lupine im Gebiet Leitgraben/Elsgellen hat eine Zunahme der durch Lupine beeinflussten Fläche von über 100 % nachweisen können. Vormalig kleinere, voneinander isolierte Lupinenbestände sind miteinander verschmolzen und bilden bis zu mehrere Hektare große Populationen. Die Change Detection hat gezeigt, dass ein Großteil der 2016 invadierten Flächen Neubesiedlungen sind. Es ist insgesamt davon auszugehen, dass viele Bergwiesen großflächig einem Einfluss durch die Stauden-Lupine unterliegen und die bisher durchgeführten Landschaftspflegemaßnahmen ihre Ausbreitung nicht verhindern konnten. Mit der Vorverlegung der Mahdtermine auf einem Großteil der Flächen im Jahr 2015 ist davon auszugehen, dass mittelfristig ein Rückgang der Lupinendeckung auf den Flächen zu erwarten ist. Um das ehemals vorkommende Arteninventar wiederherzustellen ist es sinnvoll, die Restituierung der invadierten Bergwiesen zu erproben.

Um das Restituierungspotential von Bergwiesen im Untersuchungsgebiet festzustellen, wurden 84 Probeflächen in Borstgrasrasen und frischen und feuchten Goldhafer-Bergwiesen ohne Lupine und mit zunehmender Lupinendeckung hinsichtlich ihres Samenvorrats im Boden analysiert. Die Samenbanken der Bergwiesen sind für die Aktivierung zur Restituierung der Bergwiesen geeignet. Da nur fünf Keimlinge der Lupine aus den 84 Bodenproben keimten, wird eine Aktivierung der Samenbank im Rahmen von Restituierungsmaßnahmen vermutlich nicht zur ungewollten Förderung der Lupine beitragen. Die Pflanzengemeinschaften der Samenbanken sind allerdings auffällig weniger artenreich als die der aktuellen Vegetation. Daher müsste bei der Bergwiesen-Restituierung durch weitere Maßnahmen dieser Teil der Artengemeinschaft eingebracht werden (z. B. durch Mahdgutübertragung). Die Nährstoffanalyse zeigt, dass der Oberboden in der Vegetationsperiode noch nicht nachweisbar mit einem Überschuss an Stickstoff angereichert wurde. Durch die Entnahme der nährstoffreichen Lupinenbiomasse wird die Nährstoffanreicherung im Boden vermutlich verzögert. Der Zeitpunkt für die Restituierung der Bergwiesen wäre somit gut (Samenbank in den von Lupinen invadierten Flächen noch unverändert zu den Flächen ohne Lupine, Nährstoffverhältnisse im Boden offenbar noch nicht verändert).

9 Literaturverzeichnis

- Aguilar S., A. & van Diest, A. (1981) Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant and Soil*, **61**, 27–42.
- Gioria, M. & Pyšek, P. (2016) The Legacy of plant invasions: Changes in the soil seed bank of invaded plant communities. *BioScience*, **66**, 40–53.
- Harper, J.L. (1977) *Population Biology of Plants*. Academic Press Inc., New York.
- Jäger, E.J. (2011) *Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Jäger, E.J. & Rothmaler, W. (Hrsg). (2011) *Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband*, 11.Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Jolitz, D. (2013) *Straßenränder als Invasionspfade - Kartierung von Lupinus polyphyllus entlang der Hochrhönstraße*. Bachelorarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- Kalamees, R., Püssa, K., Zobel, K. & Zobel, M. (2012) Restoration potential of the persistent soil seed bank in successional calcareous (alvar) grasslands in Estonia. *Applied Vegetation Science*, **15**, 208–218.
- Klausing, O. (1988) *Die Naturräume Hessens + Karte 1:200000*, 2. Auflage.
- Lambers, H., Clements, J.C. & Nelson, M.N. (2013) How a phosphorus-acquisition strategy based on carboxylate exudation powers the success and agronomic potential of lupines (*Lupinus*, Fabaceae). *American Journal of Botany*, **100**, 263–288.
- Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (1989) *Ecology of Soil Seed Banks*, 1. Auflage. Academic Press, Inc., San Diego.
- Ludwig, K. (2009) *Effekte von Beweidung und Brache auf Zusammensetzung und Funktion von Samenbanken in Küstenrasen der Ostsee*. Diplomarbeit, Universität Hamburg, Hamburg.
- Ludwig, G. & Schnittler, M. (1996) *Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands*. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn - Bad Godesberg.
- Maron, J.L. & Jefferies, R.L. (1999) Bush Lupine mortality, altered resource availability, and alternative vegetation states. *Ecology*, **80**, 443–454.
- Meier, C.I., Reid, B.L. & Sandoval, O. (2013) Effects of the invasive plant *Lupinus polyphyllus* on vertical accretion of fine sediment and nutrient availability in bars of the gravel-bed Paloma River. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, **43**, 381–387.
- Muller, F.M. (1978) *Seedlings of the North-Western European Lowland - A Flora of Seedlings*. Dr. W. Junk B. V. Publishers and Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen, The Hague, Boston.

- Myrold, D.D. & Huss-Danell, K. (2003) Alder and lupine enhance nitrogen cycling in a degraded forest soil in Northern Sweden. *Plant and Soil*, **254**, 47–56.
- Oberdorfer, E. (ed). (1977) *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Fischer, Stuttgart.
- Otte, A. & Maul, P. (2005) Verbreitungsschwerpunkte und strukturelle Einnischung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) in Bergwiesen der Rhön. *Tuexenia*, **25**, 151–182.
- Planungsbüro Grebe. (1995) *Biosphärenreservat Rhön: Rahmenkonzept für Schutz, Pflege und Entwicklung*. Radebeul.
- Prietzl, J., Rehfuess, K.E., Stetter, U. & Pretzsch, H. (2008) Changes of soil chemistry, stand nutrition, and stand growth at two Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sites in Central Europe during 40 years after fertilization, liming, and lupine introduction. *European Journal of Forest Research*, **127**, 43–61.
- Pruchniewicz, D., Donath, T.W., Otte, A., Zolnierz, L. & Eckstein, R.L. (2016) Effect of expansive species on seed rain and soil seed bank of mountain mesic meadows. *Tuexenia*, **36**, 81–96.
- Reiné, R., Chocarro, C. & Fillat, F. (2004) Soil seed bank and management regimes of semi-natural mountain meadow communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **104**, 567–575.
- Schmeil, O., Fitschen, J. & Seybold, S. (2011) *Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder: ein Buch zum Bestimmen aller wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen*, 95. Auflage. Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- Taylor, K., Brummer, T., Taper, M.L., Wing, A. & Rew, L.J. (2012) Human-mediated long-distance dispersal: an empirical evaluation of seed dispersal by vehicles. *Diversity and Distributions*, **18**, 942–951.
- Ter Heerdt, G.N.J., Verweij, G.L., Bekker, R.M. & Bakker, J.P. (1996) An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology*, **10**, 144–151.
- Thompson, K., Bakker, J. & Bekker, R.M. (1997) *The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Török, P., Arany, I., Prommer, M., Valkó, O., Balogh, A., Vida, E., Tóthmérész, B. & Matus, G. (2009) Vegetation, phytomass and seed bank of strictly protected hay-making Molinion meadows in Zemplén Mountains (Hungary) after restored management. *Thaiszia Journal of Botany*, **19**, 67–78.
- Valtonen, A., Jantunen, J. & Saarinen, K. (2006) Flora and lepidoptera fauna adversely affected by invasive *Lupinus polyphyllus* along road verges. *Biological Conservation*, **133**, 389–396.
- Volz, H. (2003) *Ursachen und Auswirkungen der Ausbreitung von Lupinus polyphyllus Lindl. im Bergwiesenökosystem der Rhön und Maßnahmen zu seiner Regulierung*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.

- Wisskirchen, R. & Haeupler, H. (1998) *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands mit Chromosomenatlas von Focke Albers*, 1.Auflage. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim).
- Wollny, J.-T. (2015) Auswirkungen von *Lupinus polyphyllus* Lindl. auf Artenzusammensetzung, Artenreichtum und funktionelle Diversität in Bergwiesen der Rhön, Masterarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.

10 Anhang

Tabelle A1: Alle Pflanzenarten in der Samenbank und aktuellen Vegetation der untersuchten 84 Aufnahme­flächen. Die Arten sind alphabetisch innerhalb von drei Gruppen (je nach Vorkommen in Samenbank (SB) und aktueller Vegetation (AV)) angeordnet. Weiterhin ist ihr Akronym, der Langlebigkeitstyp ihrer SB (wenn darin vorhanden), ihre Zuordnung als typische Art von Bergwiesen oder Borstgrasrasen (nach Oberdorfer 1977) und ihre Einordnung in die Rote Liste (nach Ludwig & Schnittler 1996) angegeben.

Pflanzenart	Gruppe	Akronym	SB-Typ	typisch	RL
<i>Achillea millefolium</i> ag.	SB+AV	Achimill	(transient)	1	
<i>Agrostis canina</i>	SB+AV	Agrocani	short-term persistent		
<i>Agrostis capillaris</i>	SB+AV	Agrocapi	short-term persistent		
<i>Agrostis stolonifera</i>	SB+AV	Agrostol	short-term persistent		
<i>Ajuga reptans</i>	SB+AV	Ajugrept	short-term persistent	1	
<i>Alchemilla vulgaris</i> ag.	SB+AV	Alchvulg	long-term persistent	1	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	SB+AV	Anthodor	short-term persistent	1	
<i>Arnica montana</i>	SB+AV	Arnimont	(long-term persistent)	1	3
<i>Bellis perennis</i>	SB+AV	Bellpere	(transient)	1	
<i>Bistorta officinalis</i>	SB+AV	Bistoffi	(transient)		V
<i>Calluna vulgaris</i>	SB+AV	Callvulg	long-term persistent	1	
<i>Campanula rotundifolia</i>	SB+AV	Camprotu	short-term persistent	1	
<i>Cardamine pratensis</i>	SB+AV	Cardprat	short-term persistent		
<i>Carex canescens</i>	SB+AV	Carecane	short-term persistent		V
<i>Carex muricata</i>	SB+AV	Caremuri	short-term persistent		
<i>Carex nigra</i> ag.	SB+AV	Carenigr	short-term persistent		
<i>Carex pallescens</i>	SB+AV	Carepall	short-term persistent	1	
<i>Carex panicea</i>	SB+AV	Carepani	short-term persistent		V
<i>Carex pilulifera</i>	SB+AV	Carepilu	short-term persistent	1	
<i>Cerastium holosteoides</i>	SB+AV	Ceraholo	short-term persistent	1	
<i>Cirsium arvense</i>	SB+AV	Cirsarve	(transient)		
<i>Cirsium palustre</i>	SB+AV	Cirspalu	short-term persistent		
<i>Crepis biennis</i>	SB+AV	Crepbien	(long-term persistent)		
<i>Crepis mollis</i>	SB+AV	Crepmoll	transient	1	3
<i>Cynosurus cristatus</i>	SB+AV	Cynocris	transient	1	
<i>Danthonia decumbens</i>	SB+AV	Dantdecu	short-term persistent		
<i>Deschampsia cespitosa</i>	SB+AV	Desccesp	short-term persistent	1	
<i>Eriophorum angustifolium</i>	SB+AV	Erioangu	short-term persistent		
<i>Festuca pratensis</i>	SB+AV	Festprat	(long-term persistent)	1	
<i>Festuca rubra</i> ag.	SB+AV	Festrubr	transient	1	
<i>Galium aparine</i>	SB+AV	Galiapar	short-term persistent		
<i>Galium palustre</i>	SB+AV	Galipalu	short-term persistent		
<i>Galium saxatile</i>	SB+AV	Galisaxa	short-term persistent		
<i>Galium uliginosum</i>	SB+AV	Galiulig	long-term persistent		
<i>Geranium sylvaticum</i>	SB+AV	Gerasylv	(transient)	1	
<i>Helianthemum nummularium</i>	SB+AV	Helinum	(transient)		
<i>Helictotrichon pratense</i>	SB+AV	Heliprat	(transient)		V
<i>Helictotrichon pubescens</i>	SB+AV	Helipube	(transient)		
<i>Hieracium pilosella</i>	SB+AV	Hierpilo	(long-term persistent)	1	
<i>Holcus lanatus</i>	SB+AV	Holclana	short-term persistent	1	
<i>Hypericum maculatum</i>	SB+AV	Hypemacu	short-term persistent		
<i>Juncus articulatus</i>	SB+AV	Juncarti	long-term persistent		
<i>Juncus effusus</i>	SB+AV	Junceffu	short-term persistent		
<i>Knautia arvensis</i>	SB+AV	Knauarve	(transient)		
<i>Lathyrus linifolius</i>	SB+AV	Lathlini	(long-term persistent)		
<i>Lathyrus pratensis</i>	SB+AV	Lathprat	(long-term persistent)		
<i>Leontodon autumnalis</i>	SB+AV	Leonautu	short-term persistent	1	
<i>Leucanthemum vulgare</i> ag.	SB+AV	Leucvulg	short-term persistent		
<i>Lolium perenne</i>	SB+AV	Lolipere	transient		
<i>Lotus corniculatus</i>	SB+AV	Lotucorn	transient	1	
<i>Lupinus polyphyllus</i>	SB+AV	Lupipoly	short-term persistent		
<i>Luzula luzuloides</i>	SB+AV	Luzuluzu	short-term persistent		
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	SB+AV	Lychflos	short-term persistent		V
<i>Medicago lupulina</i>	SB+AV	Medilupu	(transient)		
<i>Mentha arvensis</i>	SB+AV	Mentarve	short-term persistent		
<i>Myosotis nemorosa</i>	SB+AV	Myosnemo	short-term persistent		
<i>Nardus stricta</i>	SB+AV	Nardstri	short-term persistent	1	V

Pflanzenart	Gruppe	Akronym	SB-Typ	typisch	RL
<i>Pedicularis sylvatica</i>	SB+AV	Pedisylv	transient		3
<i>Phyteuma orbiculare</i>	SB+AV	Phytorbi	(long-term persistent)		3
<i>Phyteuma spicatum</i>	SB+AV	Phytspic	short-term persistent	1	
<i>Pimpinella saxifraga</i>	SB+AV	Pimpsaxi	(transient)		
<i>Plantago lanceolata</i>	SB+AV	Planlanc	short-term persistent	1	
<i>Poa chaixii</i>	SB+AV	Poachai	short-term persistent	1	
<i>Poa palustris</i>	SB+AV	Poapalu	(long-term persistent)		
<i>Poa pratensis</i>	SB+AV	Poaprat	short-term persistent		
<i>Poa trivialis</i>	SB+AV	Poatriv	short-term persistent		
<i>Potentilla erecta</i>	SB+AV	Poteerec	short-term persistent	1	
<i>Potentilla palustris</i>	SB+AV	Potepalu	short-term persistent		V
<i>Primula veris</i>	SB+AV	Primveri	(transient)		V
<i>Ranunculus acris</i>	SB+AV	Ranuacri	short-term persistent		
<i>Ranunculus sceleratus</i>	SB+AV	Ranuscel	(long-term persistent)		
<i>Rumex acetosa</i>	SB+AV	Rumeace1	short-term persistent	1	
<i>Rumex acetosella</i>	SB+AV	Rumeace2	long-term persistent	1	
<i>Sanguisorba minor</i>	SB+AV	Sangmino	short-term persistent		
<i>Sanguisorba officinalis</i>	SB+AV	Sangoffi	short-term persistent		V
<i>Saxifraga granulata</i>	SB+AV	Saxigran	long-term persistent		V
<i>Taraxacum Sec. Ruderalia</i>	SB+AV	Taraoffi	short-term persistent	1	
<i>Thymus pulegioides</i>	SB+AV	Thympule	(transient)	1	
<i>Trifolium dubium</i>	SB+AV	Trifdubi	short-term persistent	1	
<i>Trifolium pratense</i>	SB+AV	Trifprat	short-term persistent	1	
<i>Trifolium repens</i>	SB+AV	Trifrepe	long-term persistent	1	
<i>Trifolium spadicum</i>	SB+AV	Trifspad	short-term persistent		2
<i>Trollius europaeus</i>	SB+AV	Troleuro	(transient)		3
<i>Vaccinium myrtillus</i>	SB+AV	Vaccmyrt	short-term persistent	1	
<i>Valeriana dioica</i>	SB+AV	Valedioi	transient		V
<i>Veronica arvensis</i>	SB+AV	Veroarve	transient		
<i>Veronica chamaedrys</i>	SB+AV	Verocham	short-term persistent	1	
<i>Veronica officinalis</i>	SB+AV	Verooffi	short-term persistent	1	
<i>Veronica serpyllifolia</i>	SB+AV	Veroserp	long-term persistent		
<i>Viola palustris</i>	SB+AV	Violpalu	long-term persistent		V
<i>Viola riviniana</i>	SB+AV	Violrivi	short-term persistent		
<i>Arabidopsis thaliana</i>	SB	Arabthal	long-term persistent		
<i>Artemisia vulgaris</i>	SB	Artevulg	(long-term persistent)		
<i>Betula pubescens</i>	SB	Betupube	long-term persistent		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	SB	Capsburs	(long-term persistent)		
<i>Carex disticha</i>	SB	Caredist	long-term persistent		
<i>Chenopodium glaucum</i>	SB	Chenglau	long-term persistent		
<i>Conyza canadensis</i>	SB	Conycana	(long-term persistent)		
<i>Epilobium angustifolium</i>	SB	Epilangu	long-term persistent		
<i>Epilobium ciliatum</i>	SB	Epilcili	long-term persistent		
<i>Epilobium hirsutum</i>	SB	Epilhirs	(long-term persistent)		
<i>Glyceria declinata</i>	SB	Glycdecl	long-term persistent		
<i>Hypochaeris radicata</i>	SB	Hyporadi	(long-term persistent)		
<i>Juncus filiformis</i>	SB	Juncfili	(long-term persistent)		V
<i>Persicaria hydropiper</i>	SB	Pershydr	(long-term persistent)		
<i>Persicaria maculosa</i>	SB	Persmacu	long-term persistent		
<i>Plantago media</i>	SB	Planmedi	(long-term persistent)	1	
<i>Poa annua</i>	SB	Poaannu	long-term persistent		
<i>Prunella vulgaris</i>	SB	Prunvulg	long-term persistent	1	
<i>Rumex obtusifolius</i>	SB	Rumeobtu	(long-term persistent)		
<i>Sagina procumbens</i>	SB	Sagiproc	long-term persistent		
<i>Scleranthus annuus</i>	SB	Scleannu	(long-term persistent)		
<i>Sonchus arvensis</i>	SB	Soncarve	(long-term persistent)		
<i>Spergularia rubra</i>	SB	Sperrubr	(long-term persistent)		
<i>Stellaria alsine</i>	SB	Stelalsi	long-term persistent		
<i>Stellaria aquatica</i>	SB	Stelaqua	long-term persistent		
<i>Stellaria media</i>	SB	Stelmedi	long-term persistent		
<i>Urtica dioica</i>	SB	Urtidioi	long-term persistent		
<i>Veronica beccabunga</i>	SB	Verobecc	long-term persistent		
<i>Viola arvensis</i>	SB	Violarve	long-term persistent		
<i>Aegopodium podagraria</i>	AV	Aegopoda			
<i>Alopecurus pratensis</i>	AV	Alopprat		1	
<i>Anemone nemorosa</i>	AV	Anemnemo		1	
<i>Angelica sylvestris</i>	AV	Angesyly			
<i>Anthriscus sylvestris</i>	AV	Anthsyly		1	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	AV	Arrhelat			
<i>Betonica officinalis</i>	AV	Betooffi			
<i>Briza media</i>	AV	Brizmedi		1	V

Pflanzenart	Gruppe	Akronym	SB-Typ	typisch	RL
<i>Bromus hordeaceus</i>	AV	Bromhord			
<i>Calamagrostis epigejos</i>	AV	Calaepig			
<i>Caltha palustris</i>	AV	Caltpalu			V
<i>Carum carvi</i>	AV	Carucarv		1	V
<i>Centaurea jacea</i>	AV	Centjace			
<i>Centaurea montana</i>	AV	Centmont			
<i>Cirsium vulgare</i>	AV	Cirsvulg			
<i>Colchicum autumnale</i>	AV	Colcautu			
<i>Crepis paludosa</i>	AV	Creppalu			
<i>Dactylis glomerata</i>	AV	Dactglom		1	
<i>Dactylorhiza majalis</i>	AV	Dactmaja			3
<i>Deschampsia flexuosa</i>	AV	Descflex		1	
<i>Epilobium tetragonum</i>	AV	Epiltetr			
<i>Equisetum arvense</i>	AV	Equiarve			
<i>Equisetum fluviatile</i>	AV	Equifluv			
<i>Equisetum palustre</i>	AV	Equipalu			
<i>Equisetum sylvaticum</i>	AV	Equisylv			
<i>Festuca ovina ag.</i>	AV	Festovin			
<i>Filipendula ulmaria</i>	AV	Filiulma			
<i>Galium album</i>	AV	Galiambu			
<i>Galium boreale</i>	AV	Galibore			V
<i>Galium verum</i>	AV	Galiveru			
<i>Genista tinctoria</i>	AV	Genitinc			
<i>Geranium palustre</i>	AV	Gerapalu			
<i>Geum rivale</i>	AV	Geumriva			
<i>Heracleum sphondylium</i>	AV	Heraspho		1	
<i>Hieracium lachenalii</i>	AV	Hierlach		1	
<i>Hypochaeris maculata</i>	AV	Hypomacu			3
<i>Juncus conglomeratus</i>	AV	Junccong			
<i>Koeleria pyramidata</i>	AV	Koelpyra			
<i>Leontodon hispidus</i>	AV	Leonhisp		1	
<i>Lilium martagon</i>	AV	Lilimart			
<i>Lotus pedunculatus</i>	AV	Lotupedu			
<i>Luzula campestris ag.</i>	AV	Luzucamp		1	V
<i>Lythrum salicaria</i>	AV	Lythsali			
<i>Pastinaca sativa</i>	AV	Pastsati			
<i>Platanthera chlorantha</i>	AV	Platchlo			3
<i>Polygala serpyllifolia</i>	AV	Polyserp		1	3
<i>Polygala vulgaris</i>	AV	Polyvulg		1	V
<i>Ranunculus nemorosus</i>	AV	Ranunemo		1	
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	AV	Ranupoly			3
<i>Ranunculus repens</i>	AV	Ranurepe			
<i>Rhinanthus minor</i>	AV	Rhinmino		1	V
<i>Scabiosa columbaria</i>	AV	Scabcolu			
<i>Stellaria graminea</i>	AV	Stelgram		1	
<i>Succisa pratensis</i>	AV	Succprat		1	V
<i>Tephrosia helenitis</i>	AV	Tephhele			3
<i>Thesium pyrenaicum</i>	AV	Thespyre			3
<i>Tragopogon pratensis</i>	AV	Tragprat			
<i>Trifolium medium</i>	AV	Trifmedi			
<i>Trisetum flavescens</i>	AV	Trisflav		1	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	AV	Vaccviti		1	
<i>Valeriana officinalis</i>	AV	Valeoffi			
<i>Vicia angustifolia</i>	AV	Viciangu			
<i>Vicia cracca</i>	AV	Vicicrac			
<i>Vicia hirsuta</i>	AV	Vicihirs			
<i>Vicia sativa</i>	AV	Vicisati			
<i>Vicia sepium</i>	AV	Vicisepi		1	
<i>Viola canina</i>	AV	Violcani		1	
<i>Viola tricolor</i>	AV	Violtric			V

Tabelle A2: Dargestellt sind die mittleren Samendichten (Samen m⁻²) und die mittleren Deckungen (%) der Pflanzenarten aus den drei unterschiedlichen Vegetationstypen frische Goldhaferwiesen (GF), feuchte Goldhaferwiesen (GN) und Borstgrasrasen (BG) und bei zunehmender Deckung von *L. polyphyllus* (1 = 0 %, 2 = < 25 %, 3 = 25-75 %, 4 = > 75 % Deckung von *L. polyphyllus* zum Zeitpunkt der Plotauswahl).

Veg-typ	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GN	GN	GN	GN	GN	GN	GN	GN	BG	BG	BG	BG	BG	BG	BG	BG
SB / AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV
Lupinus	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Achimill	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	2.6	2.7	2.6	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.7	8.7	4.3
Agrocani	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	592.9	567.1	489.8	154.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agrocapi	1443.6	3454.3	1340.5	2113.8	0.4	1.1	0.6	0.3	438.2	876.5	928.0	1056.9	0.4	0.0	0.0	0.9	3531.6	2320.0	3402.7	2603.6	1.3	0.7	0.0	0.7
Agrostol	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.9	567.1	25.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ajugrept	25.8	283.6	51.6	412.5	0.9	3.0	2.4	3.0	515.6	154.7	25.8	51.6	2.6	1.9	2.3	2.1	0.0	25.8	0.0	77.3	0.7	0.9	0.7	0.9
Alchvulg	335.1	438.2	464.0	670.2	5.9	8.4	10.0	4.1	103.1	103.1	128.9	335.1	1.0	1.3	3.1	2.9	25.8	103.1	25.8	386.7	0.0	3.7	3.1	3.3
Anthodor	128.9	103.1	154.7	103.1	7.0	3.0	8.0	3.7	386.7	180.4	438.2	180.4	15.1	6.7	5.9	4.7	180.4	103.1	0.0	103.1	12.4	10.9	7.0	6.6
Arnimont	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0
Bellpere	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bistoffi	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	20.4	7.9	8.7	0.0	25.8	0.0	0.0	18.7	45.9	15.9	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	1.3	3.1	3.3
Callvulg	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	103.1	51.6	953.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	180.4	1108.5	386.7	51.6	0.6	1.6	0.0	0.0
Camprotu	257.8	1108.5	1108.5	747.6	0.9	0.7	0.4	0.0	0.0	25.8	154.7	103.1	0.0	0.3	0.4	0.0	464.0	3454.3	2732.5	1520.9	1.9	3.7	5.4	4.4
Cardprat	128.9	25.8	51.6	154.7	0.7	1.6	1.7	1.9	335.1	77.3	25.8	180.4	1.6	2.3	1.4	1.9	0.0	0.0	25.8	335.1	0.3	0.3	0.4	0.3
Carecane	103.1	51.6	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3325.4	2139.6	541.3	541.3	1.6	1.4	0.0	0.4	206.2	0.0	77.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Caremuri	0.0	51.6	25.8	51.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5052.5	1031.1	438.2	206.2	0.6	0.4	0.4	0.0	128.9	154.7	77.3	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0
Carenigr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1495.1	2088.0	489.8	386.7	2.7	4.3	1.3	0.9	309.3	25.8	51.6	128.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Carepall	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.9	25.8	232.0	0.0	1.4	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Carepani	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	515.6	464.0	257.8	180.4	7.1	2.9	1.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Carepilu	180.4	51.6	51.6	103.1	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	0.0	51.6	51.6	0.0	0.3	0.0	0.0	799.1	180.4	309.3	283.6	0.0	0.3	0.0	0.3
Ceraholo	128.9	309.3	154.7	103.1	1.1	2.0	1.7	1.7	103.1	180.4	438.2	103.1	0.9	1.4	2.1	1.4	0.0	77.3	206.2	128.9	0.0	1.4	1.7	1.3
Cirsarve	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cirspalu	0.0	25.8	25.8	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	25.8	25.8	77.3	128.9	1.4	2.3	3.3	1.3	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0
Crepbien	25.8	0.0	0.0	0.0	1.9	0.4	1.4	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Crepmoll	25.8	25.8	0.0	0.0	3.7	2.4	2.6	1.6	25.8	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	1.9	1.6	103.1	0.0	0.0	0.0	2.7	2.1	2.6	1.6
Cynocris	103.1	51.6	0.0	0.0	8.4	7.0	4.1	2.9	77.3	77.3	0.0	0.0	15.3	1.9	2.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dantdecu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	103.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Desccesp	283.6	644.5	257.8	618.7	0.0	1.0	1.0	0.7	1082.7	979.6	1005.4	1185.8	0.6	2.1	3.3	4.1	0.0	77.3	25.8	77.3	0.0	2.7	4.1	4.4
Erioangu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	541.3	180.4	25.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Festprat	25.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Festrubr	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	20.9	10.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	15.7	19.4	10.9	77.3	25.8	0.0	0.0	13.7	20.1	15.9	18.3
Galiapar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	257.8	464.0	257.8	618.7	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Galipalu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	25.8	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	644.5	77.3	232.0	77.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Galisaxa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	0.0	4.1	0.0	25.8	0.0	0.0	1.9	1.6	2.3	2.0	489.8	0.0	257.8	51.6	5.0	4.4	18.7	8.9
Galiulig	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	51.6	77.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gerasylv	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	12.6	23.3	2.1	0.0	0.0	0.0	25.8	5.7	5.1	3.7	14.6	0.0	0.0	0.0	25.8	0.4	2.3	2.9	0.6
Helinum	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.9	1.9
Heliprat	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.7	0.3	1.4	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	6.0	5.4	2.3

Veg-typ	GF	GN	BG																					
SB / AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV
Lupinus	1	2	3	4																				
Helipube	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.1	2.6	2.4	0.0	0.0	25.8	0.0	0.7	1.0	1.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.4
Hierpilo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8	0.0	0.0	2.9	1.7	0.4	0.0
Holclana	335.1	335.1	541.3	824.9	14.7	10.3	11.1	10.9	1211.6	360.9	360.9	696.0	4.7	7.3	9.4	19.4	0.0	0.0	0.0	25.8	1.1	1.3	4.9	2.6
Hypemacu	3170.7	283.6	2835.6	412.5	4.3	2.4	4.6	4.4	25.8	103.1	3273.8	154.7	0.0	0.4	1.9	1.3	1263.1	1185.8	2165.4	644.5	3.3	7.1	10.7	5.0
Juncarti	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	386.7	438.2	51.6	77.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Junceffu	232.0	464.0	25.8	618.7	0.0	0.0	0.0	0.0	85558.0	52278.3	38693.2	26371.2	4.1	4.6	0.7	0.4	154.7	438.2	154.7	489.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Knauarve	0.0	25.8	0.0	0.0	2.1	3.6	2.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.9	4.0	4.4
Lathlini	0.0	0.0	0.0	25.8	0.3	0.7	1.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9	1.0	25.8	0.0	0.0	0.0	2.3	3.1	4.3	3.6
Lathprat	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.7	1.6	1.1	25.8	0.0	0.0	0.0	4.1	4.1	4.7	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4
Leonautu	0.0	25.8	25.8	0.0	1.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	25.8	25.8	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1
Leucvulg	232.0	103.1	128.9	283.6	2.6	3.1	2.4	2.0	206.2	25.8	0.0	51.6	0.0	0.9	1.3	1.1	0.0	180.4	180.4	335.1	0.7	2.6	2.7	4.0
Lolipere	0.0	0.0	77.3	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lotucorn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	25.8	0.0	25.8	25.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.4	0.9
Lupipoly	0.0	0.0	51.6	25.8	0.0	5.7	46.7	73.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	12.6	30.1	65.1	25.8	0.0	25.8	0.0	0.0	10.4	47.3	71.6
Luzuluzu	154.7	180.4	257.8	180.4	0.4	0.4	0.4	1.7	335.1	386.7	386.7	283.6	0.3	0.9	1.3	0.9	180.4	309.3	283.6	283.6	2.3	1.9	0.3	0.3
Lychflos	103.1	51.6	51.6	77.3	0.6	0.1	0.4	0.4	4897.9	1701.4	464.0	1160.0	2.1	2.9	2.4	0.9	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Medilupu	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mentarve	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	103.1	25.8	103.1	0.0	0.4	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Myosnemo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1108.5	386.7	51.6	103.1	2.4	1.9	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nardstri	0.0	0.0	0.0	51.6	0.4	0.4	0.0	1.3	25.8	0.0	0.0	51.6	2.7	7.7	3.0	0.4	721.8	232.0	0.0	154.7	43.0	17.3	12.6	11.0
Pedisylv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
Phytorbi	25.8	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.6	0.6
Phytspic	103.1	0.0	51.6	25.8	3.4	1.7	1.9	2.1	0.0	0.0	0.0	25.8	0.4	0.6	1.1	0.3	128.9	25.8	103.1	25.8	2.4	2.3	2.4	2.7
Pimpsaxi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0
Planlanc	360.9	953.8	180.4	154.7	6.3	4.7	4.0	4.0	25.8	77.3	77.3	51.6	2.4	2.0	1.1	1.0	25.8	77.3	51.6	154.7	2.3	8.7	7.7	6.3
Poachai	25.8	51.6	25.8	51.6	2.9	2.1	4.9	12.3	0.0	0.0	25.8	0.0	1.0	1.1	4.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.6	2.7	4.7
Poapalu	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Poaprat	0.0	154.7	51.6	25.8	0.9	6.3	1.1	0.3	128.9	51.6	25.8	283.6	1.1	1.6	1.4	2.0	0.0	0.0	51.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3
Poatriv	180.4	25.8	335.1	25.8	0.0	0.3	1.6	0.0	180.4	309.3	25.8	541.3	0.3	0.4	0.7	1.7	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Poteerec	103.1	51.6	0.0	77.3	1.0	1.1	1.3	2.0	541.3	464.0	257.8	25.8	1.3	3.0	1.6	1.7	799.1	360.9	360.9	206.2	4.3	6.7	5.9	6.3
Potepalu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	25.8	25.8	0.0	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Primveri	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ranuacri	128.9	128.9	232.0	103.1	4.6	3.0	3.9	3.1	1263.1	464.0	360.9	670.2	16.0	10.3	10.0	5.0	103.1	0.0	0.0	77.3	1.3	2.0	2.6	2.6
Ranuscel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	25.8	0.0	25.8	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rumeace1	51.6	77.3	128.9	180.4	7.1	3.1	4.7	4.6	0.0	0.0	51.6	51.6	3.7	1.7	2.3	2.7	0.0	0.0	0.0	25.8	1.6	5.0	5.6	3.0
Rumeace2	25.8	51.6	77.3	51.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8	77.3	0.0	0.0	0.1	0.0	25.8	25.8	154.7	154.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Sangmino	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	25.8	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sangoffi	25.8	0.0	0.0	0.0	8.4	9.3	4.0	6.7	25.8	25.8	0.0	0.0	2.9	7.6	8.7	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	11.9	8.7	9.4
Saxigran	0.0	77.3	77.3	103.1	0.4	0.7	1.0	1.6	103.1	25.8	77.3	257.8	0.4	0.7	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	232.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Taraoffi	0.0	25.8	77.3	51.6	1.9	2.4	2.3	1.1	0.0	0.0	0.0	25.8	1.9	0.9	0.7	0.6	0.0	0.0	25.8	77.3	0.0	1.3	0.7	0.0
Thympule	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.6	0.0	0.0	1.0	5.7	2.6	
Trifdubi	0.0	51.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Trifprat	180.4	51.6	154.7	0.0	7.3	4.9	7.6	1.6	128.9	103.1	25.8	51.6	6.0	3.4	3.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	5.7	5.4	1.7

Veg-typ SB / AV	GF SB	GF SB	GF SB	GF SB	GF AV	GF AV	GF AV	GF AV	GN SB	GN SB	GN SB	GN SB	GN AV	GN AV	GN AV	GN AV	BG SB	BG SB	BG SB	BG SB	BG AV	BG AV	BG AV	BG AV
Lupinus	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trifrepe	541.3	25.8	232.0	206.2	3.1	0.9	0.7	1.7	128.9	154.7	77.3	77.3	4.7	1.9	1.4	1.3	0.0	25.8	25.8	103.1	0.0	4.6	2.6	1.4
Trifspad	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	824.9	464.0	335.1	515.6	7.1	2.1	2.0	1.3	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Troleuro	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.1	1.0	0.9	0.0	25.8	0.0	0.0	1.6	5.0	4.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vaccmyrt	25.8	0.0	154.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	103.1	51.6	25.8	51.6	3.3	3.1	2.7	4.9
Valedioi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.3	0.0	25.8	0.0	3.9	1.3	1.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Veroarve	0.0	25.8	1495.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Verocham	128.9	206.2	232.0	309.3	6.9	8.6	6.1	8.3	25.8	51.6	51.6	77.3	1.6	0.6	2.1	7.4	25.8	283.6	77.3	77.3	3.3	4.6	4.3	3.7
Verooffi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	412.5	77.3	232.0	51.6	1.9	0.3	0.6	0.4
Veroserp	0.0	360.9	283.6	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	206.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.1	2.3
Violpalu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.7	154.7	25.8	25.8	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Violrivi	0.0	0.0	25.8	25.8	0.1	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	25.8	25.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	25.8	51.6	0.0	0.3	0.9	0.4	0.4
Arabthal	0.0	335.1	25.8	0.0					0.0	25.8	0.0	721.8					0.0	0.0	0.0	0.0				
Artevulg	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	51.6	0.0	0.0				
Betupube	51.6	0.0	25.8	25.8					51.6	128.9	103.1	103.1					25.8	25.8	51.6	0.0				
Capsburs	0.0	0.0	25.8	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Caredist	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	283.6	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Chenglau	25.8	0.0	25.8	25.8					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Conycana	0.0	25.8	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					25.8	0.0	0.0	0.0				
Epilangu	128.9	77.3	51.6	103.1					25.8	412.5	128.9	103.1					335.1	25.8	77.3	206.2				
Epilcili	0.0	77.3	51.6	128.9					103.1	335.1	206.2	77.3					25.8	25.8	51.6	180.4				
Epilhirs	0.0	0.0	0.0	0.0					25.8	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Glycdecl	0.0	0.0	0.0	0.0					25.8	77.3	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Hyporadi	0.0	0.0	25.8	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Juncfili	0.0	0.0	0.0	0.0					51.6	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Pershydr	0.0	0.0	25.8	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Persmacu	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	25.8					25.8	0.0	0.0	25.8				
Planmedi	25.8	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Poaannu	0.0	25.8	0.0	25.8					103.1	25.8	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Prunvulg	0.0	0.0	0.0	0.0					77.3	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Rumeobtu	0.0	0.0	25.8	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Sagiproc	51.6	464.0	0.0	0.0					3119.2	618.7	128.9	0.0					0.0	0.0	232.0	206.2				
Scleannu	25.8	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Soncarve	0.0	0.0	0.0	25.8					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Sperrubr	0.0	0.0	0.0	25.8					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Stelalsi	77.3	438.2	103.1	77.3					0.0	25.8	309.3	128.9					0.0	51.6	51.6	51.6				
Stelaqua	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	25.8	0.0	0.0					0.0	0.0	25.8	25.8				
Stelmedi	0.0	0.0	77.3	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0				
Urtidioi	128.9	128.9	696.0	128.9					180.4	0.0	103.1	128.9					0.0	51.6	0.0	25.8				
Verobecc	0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	77.3	0.0	25.8					0.0	0.0	0.0	0.0				
Violarve	0.0	51.6	0.0	283.6					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	25.8	51.6	51.6				
Aegopoda					0.0	0.0	0.1	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Alopprat					2.1	2.4	5.9	0.4					2.1	1.1	2.0	1.3					0.0	0.0	0.0	0.0
Anemnemo					1.4	1.3	2.3	1.7					0.9	3.9	1.3	1.9					2.9	1.4	3.1	1.6

Veg-typ	GF	GN	BG																					
SB / AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV
Lupinus	1	2	3	4																				
Angesylv					0.0	0.0	0.0	0.0					0.6	0.4	2.3	1.0					0.0	0.0	0.4	0.0
Anthsylv					2.9	0.4	0.4	0.0					0.3	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Arrhelat					2.4	0.4	1.6	0.0					1.9	0.4	0.4	0.3					0.0	0.0	0.4	0.0
Betooffi					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.4	0.1	0.4
Brizmedi					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.7					0.0	0.9	0.4	0.4
Bromhord					0.0	1.1	0.0	0.0					0.0	0.0	0.1	0.4					0.0	0.0	0.0	0.0
Calaepeg					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.3	0.6					0.0	0.0	0.0	0.0
Caltpalu					0.0	0.0	0.0	0.0					2.7	0.6	0.6	5.4					0.0	0.0	0.0	0.0
Carucarv					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Centjace					0.4	0.4	0.1	0.0					0.0	0.4	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Centmont					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.4	0.1	0.3	0.0
Cirsvulg					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.4	0.3	0.0	0.0
Colcautu					0.0	0.0	0.0	0.0					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Creppalu					0.4	0.6	0.3	0.3					0.0	0.0	0.0	0.4					0.0	0.3	0.0	0.0
Dactglom					2.7	0.9	0.7	0.0					0.4	0.3	0.4	0.1					0.0	0.3	0.0	0.3
Dactmaja					0.0	0.0	0.0	0.0					0.7	0.1	0.7	0.4					0.0	0.0	0.0	0.0
Descflex					0.9	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					4.6	3.3	2.9	5.1
Epiltetr					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.3
Equiarve					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.6					0.0	0.0	0.0	0.0
Equifluv					0.0	0.0	0.0	0.0					0.3	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Equipalu					0.4	0.0	0.0	0.0					0.3	0.0	0.1	0.3					0.0	0.0	0.0	0.0
Equisylv					0.0	0.0	0.0	0.0					0.4	0.0	1.1	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Festovin					0.4	1.4	0.6	1.4					0.3	0.4	2.0	1.1					3.6	8.9	1.7	5.0
Filiulma					0.3	0.0	0.6	0.0					1.0	1.9	0.4	1.6					0.0	0.0	0.0	0.0
Galialbu					0.4	0.7	1.9	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.7	0.0	0.0
Galibore					0.6	1.1	1.6	1.9					1.3	1.0	3.0	1.3					0.4	0.3	1.4	2.3
Galiveru					0.4	0.9	0.9	1.4					0.0	0.0	0.7	1.1					0.3	0.0	0.3	0.3
Genitinc					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.4	0.0	0.0
Gerapalu					0.0	0.0	0.3	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Geumriva					0.4	0.1	0.3	0.6					0.7	0.0	1.4	2.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Heraspho					1.3	0.0	0.7	0.3					0.4	0.3	0.0	0.0					0.0	0.0	0.4	0.0
Hierlach					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.4	0.0
Hypomacu					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.6	1.1	0.7
Junccong					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.4	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Koelpyra					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.4
Leonhisp					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.4	1.9	0.0
Lilimart					0.3	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Lotupedu					0.0	0.0	0.0	0.0					8.0	0.6	10.3	1.9					0.0	0.0	0.0	0.0
Luzucamp					1.3	2.3	2.0	2.6					1.7	2.0	2.7	1.1					3.0	2.1	2.4	1.6
Lythsali					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.3					0.0	0.0	0.0	0.0
Pastsati					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.1					0.0	0.0	0.0	0.0
Platchlo					0.9	0.0	0.3	0.0					0.3	0.4	0.4	0.4					0.7	0.6	0.6	0.3
Polyserp					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.1	0.0	0.0

Veg-typ	GF	GN	BG																					
SB / AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV	SB	SB	SB	SB	AV	AV	AV	AV
Lupinus	1	2	3	4																				
Polyvulg					0.4	0.1	0.6	0.0					0.0	0.3	0.7	0.0					0.9	5.3	4.1	2.7
Ranunemo					0.0	0.0	0.4	0.1					0.4	0.9	0.3	0.6					0.4	1.3	0.9	1.4
Ranupoly					0.3	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Ranurepe					0.9	0.3	0.0	0.0					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.4	0.4	0.0
Rhinmino					5.1	2.6	2.4	2.3					3.1	1.4	2.1	0.9					2.3	3.4	3.6	3.9
Scabcolu					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.4	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Stelgram					2.1	1.1	1.1	1.0					0.0	0.0	1.4	0.7					0.0	0.4	1.4	1.4
Succprat					0.1	0.0	0.1	0.0					1.1	0.9	1.0	0.3					0.0	0.0	0.0	0.0
Tephhele					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.4	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Thespyre					0.3	0.3	0.9	1.3					0.0	0.0	0.4	0.0					0.0	2.9	1.3	2.1
Tragprat					0.0	0.1	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Trifmedi					0.0	0.7	0.4	0.0					0.0	0.0	0.0	2.3					2.4	0.4	2.3	0.0
Trisflav					6.7	2.6	2.7	2.3					0.7	0.4	1.7	1.0					0.0	0.1	0.0	0.0
Vaccviti					0.0	0.0	0.3	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	1.1	0.0	0.1
Valeoffi					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.3	0.0
Viciangu					0.0	0.0	0.4	0.4					0.7	0.0	0.7	0.3					0.0	0.0	0.0	0.0
Vicicrac					1.9	0.0	0.0	0.0					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Vicihirs					0.4	0.0	0.0	0.0					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Vicisati					0.0	0.0	0.0	0.0					0.4	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Vicisepi					1.1	0.0	0.7	0.0					0.4	0.4	0.0	0.1					0.0	0.0	0.1	0.0
Violcani					0.0	0.6	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0					0.0	0.0	0.0	0.0
Violtric					0.3	1.3	0.6	1.9					0.0	0.0	0.0	0.3					0.4	0.4	0.4	0.4