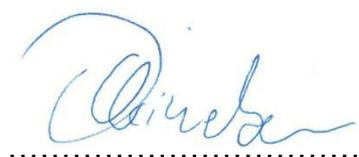


## „Ziel erreicht? – Mahdgutübertragung in der Renaturierungspraxis“

Leonhard Sommer<sup>1</sup>, Tobias W. Donath<sup>2</sup>, Till Kleinebecker<sup>1</sup>, Frank Jauker<sup>1</sup>, Sarah Harvolk-Schöning<sup>1</sup> & Yves P. Klinger<sup>1</sup>

- 1 Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen
- 2 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abt. Landschaftsökologie, Institut für Natur- und Ressourcenschutz, C, Olshausenstraße 75, 24118 Kiel

Berichtszeitraum	Projektbeginn	Projektlaufzeit	Aktenzeichen
01.10.2020 bis 31.12.2023	01.10.2020	30 (36) Monate	35171/01



.....

<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>35171/01</b>	Referat	<b>33/0</b>
		Fördersumme	<b>212.850 €</b>
<b>Antragstitel</b>	„Ziel erreicht? – Mahdgutübertragung in der Renaturierungspraxis“		
<b>Stichworte</b>	Renaturierung, Grünland, Mahdgutübertragung, Stromtalwiesen, Langzeiterfolg		
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>30 (36) Monate</b>	<b>01.04.20 (01.10.20)</b>	<b>31.03.23 (31.12.23)</b>	
Zwischenberichte	nach 12 Monaten		
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Justus-Liebig-Universität Gießen	Tel 0641 99 37160	
	Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung	Fax 0641 99 37169	
	Heinrich-Buff-Ring 26-32	Projektleitung Prof. Dr. Till Kleinebecker	
	35392 Gießen	Koordination Dr. Yves P. Klinger Dr. Sarah Harvolk-Schöning	
		Bearbeitung M.Sc. Leonhard Sommer	
Kooperationspartner Wissenschaft	Dr. Bente Castro Campos (Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung, Gießen) Prof. Dr. Tobias W. Donath (Abt. Landschaftsökologie, Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)		
Kooperationspartner Praxis	HessenForst, Forstamt Groß-Gerau Matthias Harnisch, Umweltamt der Stadt Riedstadt Eva Gros, Planungsbüro Eva Gros Dr. Stefan Nawrath, Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie Franz-Otto Brauner, RestitutionsÖkologie Brauner Jürgen Bender, Bender GmbH & Co. KG Volker Hebermehl, Hebermehl Agrar Reiner Stürz, Landschaftspflegehof Stürz Naturschutzgroßprojekt Vogelsberg Jochen Bresch, BHMP Werner Bonn, Reitanlage Bonn Axel Schulte, Biologische Station Hochsauerlandkreis Gerrit Engelbach, Büro für Umweltplanung Uniper Kraftwerke GmbH Jens Mohr, Hessen Mobil Eschwege		

## **Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

Naturschutzfachlich wertvolle Grünlandgesellschaften sind durch Intensivierung der Landwirtschaft oder Nutzungsaufgabe zunehmend gefährdet, sodass ihre Wiederherstellung im Fokus einer Vielzahl von Forschungs- und Naturschutzprojekten steht. Im Rahmen dieser Projekte wurde zur Überwindung der Ausbreitungslimitierung die Übertragung von samenreichem Mahdgut von pflanzenartenreichen Restbeständen der Zielartengemeinschaften erprobt. Da eine langfristige Beobachtung der Entwicklung der so renaturierten Flächen jedoch in vielen Projekten nicht möglich ist, sind der langfristige Erfolg und die dafür relevanten Faktoren weitgehend unbekannt. Mahdgutübertragung wird häufig in der Renaturierungspraxis angewendet. Da jedoch oft nur wenig Austausch zwischen den Anwendern sowie zwischen Wissenschaft und Praxis besteht, sind die vorhandenen Erfahrungen sehr häufig nicht der breiten Praxisöffentlichkeit zugänglich. Das Ziel des Projekts war es daher, auf Grundlage einer umfassenden Datenanalyse Mindeststandards für das Verfahren der Mahdgutübertragung zur Artanreicherung in Grünlandgesellschaften abzuleiten, deren Anwendung das Risiko des Scheiterns zukünftiger Renaturierungsprojekte minimiert. Dabei sollten sowohl eigene Renaturierungsprojekte als auch Praxisprojekte ohne wissenschaftliche Begleitung mit einem standardisierten Monitoring über Lebensräume hinweg betrachtet werden. Weiterhin sollten die Erfahrungen von Praktikern aus Verwaltung, Umweltplanung, Umsetzung und Landwirtschaft einbezogen werden.

## **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Das Projekt umfasste drei Arbeitspakete:

AP1: Renaturierte Stromtalwiesen und zugehörige Spenderflächen am hessischen Oberrhein wurden 13-16 Jahre nach der Mahdgutübertragung vegetationskundlich sowie hinsichtlich Boden- und Biomasseeigenschaften untersucht. Die Daten wurden ausgewertet und es wurde ein Manuskript ausgearbeitet, das nach einem Begutachtungsprozess in dem internationalen Fachjournal „Frontiers in Ecology and Evolution“ veröffentlicht wurde.

AP2: Es wurde mit Hilfe von Interviewpartnern ein Flächenpool aus Praxisprojekten zusammengestellt, um lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungen zu untersuchen. Renaturierungsflächen und zugehörige Spenderflächen wurden vegetationskundlich untersucht sowie Boden- und Biomasseproben genommen. Im Rahmen der Vorbereitung eines wissenschaftlichen Fachartikels zu AP2 laufen zum Berichtszeitpunkt noch tiefergehende Auswertungen.

AP3: Es wurden Interviews mit Praktikern der Mahdgutübertragung durchgeführt und transkribiert. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse wurden Erfolgsfaktoren der Mahdgutübertragung vor dem Hintergrund der wissenschaftlichen Studienlage abgeleitet. Ein Artikel zu AP3 wurde im internationalen Fachjournal „Global Ecology and Conservation“ publiziert.

## **Ergebnisse und Diskussion**

AP1: Die meisten Zielarten auf den renaturierten Flächen sind in ihrer Vorkommenshäufigkeit stabil geblieben oder haben zugenommen. Die landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Aufwüchse wurde durch die Renaturierungsmaßnahmen nicht negativ beeinflusst und die Erträge der Renaturierungsflächen lagen im Mittel deutlich über denen der Spenderflächen. Die Mahdgutübertragung hatte langfristig eine moderate Anreicherung von Zielarten des Naturschutzes zur Folge, unabhängig von der Bodenvorbereitung. Hohe

Produktivität, enge C/N-Verhältnisse im Boden sowie häufige Überflutung waren mit verringertem Renaturierungserfolg assoziiert. Wir empfehlen, Mahdgutübertragung bei Grünlandrenaturierungsprojekten mit der gezielten Einsaat seltener oder schwer zu etablierender Zielarten zu kombinieren. Zudem sollte die künftige Nutzbarkeit der Flächen zusammen mit der standörtlichen Eignung für die Zielgesellschaften abgewogen werden. Langfristiges Monitoring von Renaturierungsprojekten ist sinnvoll und notwendig, um den Erfolg abzusichern sowie die sich durchsetzenden Erfolgsfaktoren zu identifizieren. Daher empfehlen wir die standardmäßige Durchführung von Begleituntersuchungen in verschiedenen Grünlandlebensräumen, die etwa durch die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen frühzeitig vorbereitet werden sollte.

AP2: Die im Rahmen des AP2 untersuchten Flächen decken ein breites Spektrum hinsichtlich der Ziellebensräume und des Alters der Renaturierungsmaßnahmen ab. Die Auswertungen ergaben leicht höhere Renaturierungserfolge bei trockenen Grünlandgesellschaften im Vergleich zu mittleren und feuchten Grünlandtypen. Dies könnte auch damit zu erklären sein, dass die Empfängerflächen bei den trockenen Grünlandtypen zum Zeitpunkt der Mahdgutübertragung oft Rohböden aufwiesen. Der geringste Renaturierungserfolg wurde bei Flächen mit vielen Wechselfeuchtezeigern festgestellt. Dies liegt wahrscheinlich darin begründet, dass aufgrund der kleinräumig wechselnden hydrologischen Standortbedingungen auf den Empfängerflächen nur eingeschränkt geeignete Kleinstandorte für die Etablierung der Zielarten zur Verfügung standen.

AP3: Die befragten Praktiker der Mahdgutübertragung sahen eine Reihe von Faktoren als bedeutsam an, z. B. die standörtliche Eignung der Empfängerflächen, eine gute Artenausstattung der Spenderflächen, intensive Boden- bzw. Flächenvorbereitung, passende Erntezeitpunkte oder eine angepasste Folgepflege der renaturierten Grünlandflächen. Diese Erfolgsfaktoren wurden in den betrachteten wissenschaftlichen Studien weitgehend hinsichtlich ihrer Wirkungen untersucht. Darüber hinaus spielen nach Ansicht der Praktiker allerdings weitere Faktoren eine entscheidende Rolle für den Erfolg von Renaturierungsprojekten, u.a. eine gute Koordination der Arbeitsschritte, wertschätzende Kommunikation und Vertrauen zwischen den Projektbeteiligten. Deswegen sollte ein besonderes Augenmerk auf die Identifikation wichtiger regionaler Stakeholder und den Aufbau vertrauensvoller Beziehungen gelegt werden. Vonseiten der Wissenschaft sollten neben technischen und ökologischen auch verstärkt soziale Aspekte von Renaturierungsprojekten betrachtet und in ihrer Wirkung auf den Projekterfolg untersucht werden. Zudem sollten wissenschaftliche Studienergebnisse gezielt für Praktiker aufbereitet und kommuniziert werden.

## **Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit**

Es wurde eine Projektbeschreibung auf der Internetseite der Universität Gießen veröffentlicht. Neben der Erstellung wissenschaftlicher Veröffentlichungen und der Vorstellung der Ergebnisse auf wissenschaftlichen Tagungen wurde im August 2023 ein Projektworkshop durchgeführt. In dessen Rahmen wurden die Projektergebnisse vorgestellt, Vertreter aus Renaturierungspraxis, Landwirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft tauschten sich zu Herausforderungen und Zielen der Renaturierung per Mahdgutübertragung aus. Die Projektergebnisse wurden im Rahmen mehrerer eingeladener Vorträge vorgestellt und finden so Eingang in unterschiedliche Projekte und Praxisleitfäden. Ein Fact-Sheet zum Thema „Monitoring von Renaturierungsmaßnahmen“ wird aktuell finalisiert.

## Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Zielsetzung .....	1
2	Zusammenfassung.....	3
3	Arbeitsschritte und Methodik.....	7
3.1	Arbeitspaket 1 – Langzeitentwicklung von renaturierten Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein.....	7
3.2	Arbeitspaket 2 – Lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungsprojekte .....	13
3.3	Arbeitspaket 3 – Expertenwissen .....	16
4	Ergebnisse .....	19
4.1	Arbeitspaket 1 – Langzeitentwicklung von renaturierten Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein.....	19
4.2	Arbeitspaket 2 – Lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungsprojekte .....	25
4.3	Arbeitspaket 3 – Expertenwissen .....	30
5	Diskussion.....	34
5.1	Arbeitspaket 1 – Langzeitentwicklung von renaturierten Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein.....	34
5.2	Arbeitspaket 2 – Lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungsprojekte .....	37
5.3	Arbeitspaket 3 – Expertenwissen .....	39
6	Öffentlichkeitsarbeit.....	40
6.1	Webseite .....	40
6.2	Veröffentlichungen.....	40
6.3	Vorstellung auf Tagungen .....	41
6.4	Eigener Workshop.....	42
6.5	Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern .....	43
7	Fazit .....	45

8	Literaturverzeichnis .....	46
9	Anhang.....	51

## Abbildungen

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet am hessischen Oberrhein mit den acht Spenderflächen und den 20 Mahdgutstreifen .....	9
Abbildung 2: Lage der 25 m <sup>2</sup> großen Plots in den Mahdgutstreifen .....	10
Abbildung 3: Lage der in AP 2 untersuchten Flächen .....	14
Abbildung 4: Charakterisierung des Renaturierungsprozesses für die Empfängerflächen der Mahdgutübertragung aus AP2.....	15
Abbildung 5: Entwicklung der Anzahl und Deckung der Zielarten sowie der Anzahl an Arten über die Zeit .....	20
Abbildung 6: NMDS der 254 Vegetationsaufnahmen aus 2021.....	21
Abbildung 7: Box-Whisker-Plots der Anzahl an Zielarten (a), der Deckung der Zielarten (b) und der Artenzahl (c) je 25-m <sup>2</sup> -Vegetationsaufnahmen.....	22
Abbildung 8: Box-Whisker-Plots des Trockenmasseertrags (a), der verdaulichen Energie (b), der umsetzbaren Energie (c) und der Nettoenergie für Laktation (d) für die Mahdgutstreifen mit den Bodenbearbeitungsvarianten .....	23
Abbildung 9: Häufigkeit der Nennung der Erfolgsfaktoren in den Praktikerinterviews .....	31
Abbildung 10: Faktoren, die den Erfolg der Mahdgutübertragung aus Sicht der befragten Praktiker beeinflussen .....	33

## **Tabellen**

Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Mahdgutstreifen..... 7

Tabelle 2: Übersicht über die selektierten Regressionsmodelle für die Erfolgsvariablen der Renaturierung..... 24

Tabelle A1: Pflanzenarten, welche im Arbeitspaket 1 als Zielarten definiert wurden, mit ihrem zugehörigen Status in der Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands ..... 51

## 1 Anlass und Zielsetzung

Artenreiche Offenlandlebensräume in agrarisch geprägten Landschaften sind zunehmend selten und gefährdet (Bakker & Berendse, 1999; Funk et al., 2013). Naturschutzfachlich wertvolle Grünlandgesellschaften wie Bergwiesen, Halbtrockenrasen oder Auenwiesen sind sowohl durch die Intensivierung der Nutzung als auch durch Nutzungsaufgabe bedroht (Joyce & Wade, 1998). Viele dieser Gemeinschaften sind durch die FFH-Richtlinie geschützt (z.B. LRT 6440, 6410, 6230\*, 6510, 6520). Daher stehen ihr Schutz und die aktive Wiederherstellung im Fokus einer Vielzahl von Forschungs- und Naturschutzprojekten (Baasch et al., 2016; Hölzel & Otte, 2003; Schmiede et al., 2009).

Der erfolgreichen Wiederherstellung dieser Systeme stehen vor allem biotische Faktoren wie Ausbreitungslimitierung und verarmte Bodensamenbanken im Wege (Bakker & Berendse, 1999; Bissels et al., 2005). Um dem entgegenzuwirken, wurde in zahlreichen Projekten neben der Ansaat von Zielarten die Übertragung von samenreichem Pflanzenmaterial (Mahdgut) zur Wiederherstellung von artenreichem Grünland erprobt, unter anderem zur Wiederherstellung von Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein (Harnisch et al., 2014; Hölzel & Otte, 2003; Schmiede et al., 2012). Bei dieser Methode werden artenreiche Restbestände der Zielpflanzengemeinschaft zum Zeitpunkt der Samenreife gemäht und das Mahdgut auf der zu renaturierenden Fläche aufgebracht (Harnisch et al., 2014). Diese Methode gilt im Vergleich zu reinen Ansaatmethoden als kostengünstig, einfach umzusetzen und liefert für viele Pflanzengesellschaften und Lebensräume – von Trockenrasen bis Auenwiesen – vielversprechende Ergebnisse (Kiehl et al., 2010). Daher ist die Übertragung von Mahdgut mittlerweile in der Renaturierungspraxis fest etabliert, unter anderem wurden Fortbildungsveranstaltungen durchgeführt (Schmiede et al., 2010) und Praxishandbücher herausgegeben (Harnisch et al., 2014; Kirmer & Baasch, 2012).

In der Naturschutzpraxis fehlen jedoch häufig die Ressourcen, ein langjähriges Monitoring durchzuführen, um den langfristigen Erfolg von Renaturierungsprojekten mit Mahdgutübertragung zu überprüfen. Bisherige Studien zeigen, dass sich der Erfolg auf unterschiedlichen Flächen stark unterscheiden kann (Donath et al., 2007; Kiehl et al., 2010; Schmiede et al., 2010), die Gründe bleiben aber häufig unklar. Diese Unterschiede im Renaturierungserfolg können auf verschiedenste Faktoren wie Zeitpunkt der Ernte oder der Übertragung des Mahdguts (Bischoff et al., 2018), die

Qualität des Spendermaterials (Harnisch et al., 2014), die Aufbringungsdichte (Kiehl et al., 2010) oder die Vorbereitung der zu renaturierenden Fläche (Donath et al., 2007) zurückzuführen sein. Auch ungeeignete abiotische Standortbedingungen der Empfängerflächen etwa bezüglich des Wasserhaushalt oder des Nährstoffniveaus spielen eine zentrale Rolle für den Renaturierungserfolg. Weiterhin ist eine angepasste Nutzung bzw. Pflege im Anschluss an die Übertragung essentiell für die Entwicklung und den langfristigen Erhalt der renaturierten Bestände (Donath et al., 2004; Franke, 2003). Unklar ist jedoch, wie einzelne den Renaturierungserfolg limitierende Faktoren zusammenwirken, da in der Regel Untersuchungen über einen längeren Zeitraum fehlen und eine Bündelung von Erfahrungen aus einer Vielzahl praktischer Renaturierungsprojekte mit Mahdgutübertrag unter unterschiedlichen Faktorenkonstellationen bisher nicht erfolgt ist.

Von 22 Studien, die von Kiehl et al. (2010) zum Thema Mahdgutübertragung zur Renaturierung von Grünland untersucht wurden, hatten nur sechs Projekte eine Beobachtungsperiode von mehr als zehn Jahren. Projekte mit einer kurzen Laufzeit wurden überwiegend als erfolgreich bewertet, doch Ergebnisse von Langzeitstudien zeigten, dass die renaturierten Bestände sich nicht immer positiv entwickelten (Matthews & Spyreas, 2010; Smith et al., 2008). Während ein Monitoring eines Renaturierungsprojekts von artenreichen Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein vier Jahre nach Umsetzung zeigte, dass begleitende Maßnahmen wie eine Flächenvorbehandlung, d.h. Störung der Vegetationsdecke, von artenarmen Grünlandbeständen einen positiven Einfluss auf den Renaturierungserfolg hatten (Donath et al., 2007), ließ sich dieser Einfluss zehn Jahre später nicht mehr feststellen (Harvolk-Schöning et al., 2020). Daher sind langfristig angelegte Monitoringzeiträume für eine fundierte Bewertung des Renaturierungserfolgs und die Identifikation von wichtigen, erfolgslimitierenden Faktoren unumgänglich (Smith et al., 2008). Zudem wurde der Erfolg von Mahdgutübertragung bisher meist projekt- oder lebensraumspezifisch bewertet (Donath et al., 2007; Kiehl & Wagner, 2006). Unterschiedliche Methoden und Monitoringansätze erschweren jedoch den Vergleich der Ergebnisse. Abgesehen von Reviewartikeln (z.B. Kiehl et al., 2010) fehlen lebensraumübergreifende Vergleichsstudien, aus welchen sich allgemeingültige Erkenntnisse über die wichtigsten Kriterien für eine erfolgreiche Anwendung der Methode der Mahdgutübertragung ableiten lassen.

Nicht nur in Forschungsprojekten, auch in der Renaturierungspraxis wird Mahdgutübertragung häufig zur Artanreicherung angewendet, vor allem als Kompensationsmaßnahme oder zur Begrünung von neu angelegten Flächen wie etwa Böschungen (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2017; LANUV NRW, 2011). Aus diesen Projekten ergibt sich ein großer Erfahrungsschatz über erfolgsbestimmende Faktoren. Allerdings fehlt häufig ein Austausch zwischen den Anwendern der Methode untereinander. Auch der Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis ist nur schwach ausgeprägt. Wissenschaftliche Erkenntnisse werden häufig in Fachliteratur veröffentlicht, die nicht allen Interessensgruppen zugänglich ist. Andererseits kann die Wissenschaft von Erkenntnissen aus der Praxis, welche nur selten in internationalem Kontext veröffentlicht werden, profitieren.

Das Ziel dieses Projekts war, spezifische und allgemeingültige Faktoren zu identifizieren, die für ein Gelingen von Renaturierung mittels Mahdgutübertragung langfristig entscheidend sind. Dabei sollten sowohl aus eigenen Renaturierungsprojekten als auch aus Praxisprojekten ohne wissenschaftliche Begleitung mit einem standardisierten Monitoring über Standorte und Lebensräume hinweg Mindeststandards abgeleitet werden, die die Erfolgchancen zukünftiger Projekte erhöhen und den Einsatz von Ressourcen in Naturschutzprojekten effizienter gestalten können. Weiterhin sollten die Erfahrungen von Praktikern aus Verwaltung, Umweltplanung, Umsetzung und Landwirtschaft einbezogen werden. Das Projekt sollte über die Einbeziehung von Experten aus der Praxis und einen Workshop zur Vernetzung von Wissenschaft und Praxis beitragen.

## **2 Zusammenfassung**

### Arbeitspaket 1

Im Mai und Juni 2021 wurden die Felduntersuchungen im Rahmen des Arbeitspaketes 1 am hessischen Oberrhein durchgeführt. Insgesamt wurden 180 Vegetationsaufnahmen auf 20 Mahdgutstreifen (Empfängerflächen) und 34 Vegetationsaufnahmen auf acht Spenderflächen durchgeführt. Zusätzlich wurden 40 Vegetationsaufnahmen auf den Empfängergrünlandflächen außerhalb der mit Mahdgut beschickten Streifen durchgeführt. Zu jeder Vegetationsaufnahme wurden Boden- und Biomasseproben entnommen und im Labor analysiert. Anhand von Grundwassermessdaten und Rheinpegelstandsdaten wurden für die 254

Aufnahmeplots die täglichen Grundwasserstände zwischen 2001 und 2020 interpoliert und damit die Häufigkeit von Überflutungstagen, Dürretagen sowie die Schwankung des Grundwasserstands quantifiziert.

Die meisten Zielarten auf den renaturierten Flächen sind im Vergleich zu drei Jahren nach Durchführung der Mahdgutübertragung in ihrer Vorkommenshäufigkeit stabil geblieben oder haben an Deckung zugenommen. Die landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Aufwüchse wurde durch die Renaturierungsmaßnahmen nicht beeinträchtigt und die Erträge der Renaturierungsflächen lagen im Mittel deutlich über denen der Spenderflächen. Die Mahdgutübertragung bewirkte langfristig eine moderate Anreicherung von Zielarten des Naturschutzes, unabhängig von der Art der Bodenvorbereitung. Daher ist zu empfehlen, Mahdgutübertragung bei Grünlandrenaturierungsprojekten mit der gezielten Einsaat seltener oder schwer zu etablierender Zielarten zu kombinieren. Hohe Produktivität, enge C/N-Verhältnisse im Oberboden sowie häufige Überflutung waren mit verringertem Renaturierungserfolg assoziiert. Zudem sollte die künftige landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Flächen (Ertrag und Qualität der Biomasse) zusammen mit der standörtlichen Eignung für die Zielgesellschaften abgewogen werden. Die Bodenstörung hatte auf den von uns untersuchten Flächen langfristig keinen Einfluss auf den Renaturierungserfolg. Jedoch bleibt offen, ob auf eine vorherige Bodenstörung verzichtet werden kann, da sie kurzfristig einen positiven Effekt auf die Etablierung von Zielarten haben kann. Langfristiges Monitoring von Renaturierungsprojekten ist sehr sinnvoll, um den Erfolg abzusichern sowie die langfristig wirkenden Erfolgsfaktoren zu identifizieren. Daher empfehlen wir Langfristmonitoring in verschiedenen Grünlandlebensräumen, welches etwa durch die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen bereits bei Durchführung der Renaturierungsmaßnahme vorbereitet werden sollte. Basierend auf den Ergebnissen aus AP1 wurde ein Artikel im Fachjournal „Frontiers in Ecology and Evolution“ veröffentlicht (Sommer et al., 2023a).

## Arbeitspaket 2

Bei den Interviewpartnern aus AP3 wurden Flächen für die geplanten Untersuchungen im Rahmen des AP2 akquiriert, sowie Informationen zu den durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen zusammengetragen. Die Flächenauswahl wurde mit dem Ziel durchgeführt, einen Feuchtigkeits- und Altersgradienten abzubilden. Über die Interviewpartner sowie weitere Informationskanäle (z.B. Ämter) wurde Kontakt zu allen

Bewirtschaftern von Empfänger- und Spenderflächen aufgenommen. Auf diesem Wege wurden sie über die geplanten Untersuchungen informiert sowie weitere Informationen zu Flächenhistorie und aktueller Nutzung eingeholt. Die final ausgewählten Flächen sind von 13 Projektpartnern benannt worden und wurden 12 Regionen zugeordnet. Insgesamt wurden 110 Vegetationsaufnahmen auf 41 Empfänger- und 118 Vegetationsaufnahmen auf 37 zugehörigen Spenderflächen durchgeführt. Für jede Fläche wurde zusätzlich eine Gesamtartenliste erstellt. Von allen Aufnahmeplots wurden Boden- und Biomasseproben entnommen und im Labor analysiert. Von der Universität Potsdam erhobene Daten zu einer Spender- und drei zugehörigen Empfängerflächen in Brandenburg wurden in den Datensatz mit aufgenommen.

Innerhalb des untersuchten Flächenpools zeigten sich höhere Renaturierungserfolge bei trockeneren Grünlandgesellschaften im Vergleich zu mittleren und feuchten Grünlandtypen. Dies könnte unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass die Empfängerflächen bei den trockenen Grünlandtypen zum Zeitpunkt der Mahdgutübertragung oft Rohböden aufwiesen. Der geringste Renaturierungserfolg wurde bei Flächen mit vielen Wechselfeuchtezeigern festgestellt. Dies liegt wahrscheinlich darin begründet, dass Zielarten über die Mahdgutübertragung aufgrund der kleinräumig wechselnden hydrologischen Standortbedingungen auf den Empfängerflächen seltener die kleinstandörtlichen Bedingungen vorfinden um sich zu etablieren. Zudem könnte sich die zunehmende Sommertrockenheit der letzten Jahre besonders stark auf wechselfeuchten Standorten ausgewirkt haben. Eine wissenschaftliche Publikation zu AP 2 wird aktuell finalisiert (Sommer et al., *in prep*).

### Arbeitspaket 3

Insgesamt wurden im Zeitraum zwischen November 2020 und März 2021 sowie im September 2022 in 31 Interviews 33 Praktiker zu ihren Erfahrungen mit der Mahdgutübertragung befragt. Die Interviews hatten ein halbstrukturiertes Format, d.h. anhand einer Themenliste wurden gezielt bestimmte Aspekte angesprochen, gleichzeitig bestand aber auch die Offenheit für neue oder unerwartete Aspekte. Die Interviews wurden in Form ausführlicher Notizen transkribiert und kodiert. Im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse wurden Erfolgsfaktoren für Mahdgutübertragung aus Praktikersicht untersucht. Diese wurden mit Erkenntnissen aus repräsentativen

wissenschaftlichen Publikationen verglichen, die mittels einer strukturierten Literatursuche identifiziert wurden.

Die Befragten sahen eine Reihe von Faktoren wie die standörtliche Eignung der Empfängerflächen, eine gute Artenausstattung der Spenderflächen, gute Boden- bzw. Flächenvorberereitung, passende Erntezeitpunkte oder eine angepasste Folgepflege der renaturierten Grünlandflächen als bedeutsam an. Zu all diesen Erfolgsfaktoren existieren wissenschaftliche Untersuchungen und die Ergebnisse der Studien stützten weitgehend die Ansichten und Erfahrungen der Praktiker. Darüber hinaus spielten nach Ansicht der Praktiker allerdings weitere „übergreifende“ Faktoren eine wichtige Rolle. Hierzu zählten etwa gute Koordination, Organisation, Aufgabenzuteilung, Kommunikation und Vertrauen zwischen den Projektbeteiligten, sowie grundsätzlich ein hoher Wissens- und Erfahrungsschatz. Wir empfehlen Praktikern mit geringem Erfahrungsschatz, wenn möglich erfahrene Praktiker in ihre Projekte einzubinden oder sich zumindest von ihnen beraten zu lassen. Zudem sollte ein besonderes Augenmerk auf die Identifikation wichtiger Stakeholder in einer Region und den Aufbau vertrauensvoller Beziehungen und Netzwerke mit und zwischen diesen gelegt werden. Vonseiten der Wissenschaft sollten in interdisziplinären Studienansätzen neben technischen und ökologischen auch sozialökologische Aspekte von Renaturierungsprojekten betrachtet und in ihrer Wirkung auf den Projekterfolg untersucht werden. Zudem sollten wissenschaftliche Studienergebnisse gezielt für Praktiker aufbereitet und breit kommuniziert werden.

### Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen des Projekts wurde bisher zwei wissenschaftliche Publikationen publiziert. Eine weitere Publikation zum Thema „Success of grassland restoration along a moisture gradient“ befindet sich aktuell in der Finalisierung, ein weiteres Manuskript zum Thema „A functional view on long-term grassland restoration“ ist in Vorbereitung. An deutschsprachigen Veröffentlichungen befindet sich ein BfN-Skript unter Begutachtung, eine deutschsprachige Publikation in der Zeitschrift „Anliegen Natur“ zum Thema „Der Erfolg von Mahdgutübertragung aus Sicht der Naturschutzpraxis“ befindet sich aktuell in Vorbereitung. Im August 2023 wurde der Abschlussworkshop des Projekts mit über 40 Teilnehmern durchgeführt. Die Projektergebnisse waren zudem Gegenstand mehrerer eingeladener Vorträge, ein Fact Sheet zum Monitoring von Renaturierungsmaßnahmen wird aktuell finalisiert.

### **3 Arbeitsschritte und Methodik**

#### **3.1 Arbeitspaket 1 – Langzeitentwicklung von renaturierten Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein**

##### *Vegetationsuntersuchungen*

Das Arbeitspaket 1 umfasste eine Nachuntersuchung von Mahdgutstreifen auf artenarmen Grünlandflächen am hessischen Oberrhein, die in den Jahren 2005 bis 2008 im DBU-geförderten Projekt „Grundlagen für ein Handlungskonzept zur floristischen und faunistischen Anreicherung artenarmer Auenwiesen“ mit Material von artenreichen Spenderflächen angelegt wurden (Schmiede et al., 2010; Tabelle 1). Zwischen dem 10.05.2021 und dem 13.06.2021 wurden im Untersuchungsgebiet (Abbildung 1) 254 Vegetationsaufnahmen auf Plots von je 5 m x 5 m durchgeführt. Erfasst wurden die vorkommenden Gefäßpflanzenarten mit einer erweiterten Braun-Blanquet-Skala (van der Maarel, 1979). Weiterhin wurden die Deckungsgrade an Moosen, Flechten und Streu sowie der Offenbodenanteil geschätzt und die mittlere und maximale Höhe der Krautschicht gemessen.

Tabelle 1: Übersicht über die bei Schmiede et al. (2010) angelegten Mahdgutstreifen, die in AP1 erneut untersucht wurden. „Pflanzenmaterial“ bezieht sich auf den Aufwuchs, der von den Spenderflächen für die Mahdgutübertragung genutzt wurde.

<b>Streifen</b>	<b>Auftragsjahr</b>	<b>Spenderfläche(n)</b>	<b>Pflanzenmaterial</b>
A1	2005	Cnidion Neurhein	Erstaufwuchs
B1	2005	Cnidion Riedloch von Trebur	Erstaufwuchs
C1	2005	Neue Anlage	Zweitaufwuchs
C2	2005	Neue Anlage, Schlappeswörth	Zweitaufwuchs
C3	2005	Molinion Bruderlöcher, Dämme Bruderlöcher	Erstaufwuchs
D	2006	Cnidion Riedloch von Trebur	Erstaufwuchs
E	2006	Molinion Bruderlöcher, Dämme Bruderlöcher	Erstaufwuchs
F	2006	Cnidion Wächterstadt, Molinion Wächterstadt	Erstaufwuchs, 3 Bahnen Cnidion, 1 Bahn Molinion
G	2006	Neue Anlage	Zweitaufwuchs
H	2006	Molinion Wächterstadt	Erstaufwuchs
I	2007	Neue Anlage	Zweitaufwuchs
J	2007	Cnidion Wächterstadt	Erstaufwuchs
K	2007	Molinion Wächterstadt	Erstaufwuchs
L	2007	Molinion Bruderlöcher	Erstaufwuchs
M	2007	Cnidion Riedloch von Trebur	Erstaufwuchs
N	2008	Cnidion Wächterstadt	Erstaufwuchs
O	2008	Molinion Wächterstadt	Erstaufwuchs
P	2008	Molinion Bruderlöcher	Erstaufwuchs
Q	2008	Cnidion Riedloch von Trebur	Erstaufwuchs
R	2008	Neue Anlage	Zweitaufwuchs



Abbildung 1: Untersuchungsgebiet am hessischen Oberrhein mit den acht Spenderflächen (rot) und den 20 Mahdgutstreifen (blau). Luftbild: Google Maps (2023).

Insgesamt wurden 180 Vegetationsaufnahmen innerhalb von 20 Mahdgutstreifen durchgeführt (neun Aufnahmen pro Streifen). Diese deckten sich auf neun der Streifen (A1, B1, C1, C2, C3, D, E, F, H) mit den Aufnahmeflächen von Schmiede et al. (2010). Auswertungen dieser Vegetationsaufnahmen waren bisher nicht veröffentlicht worden,

sondern nur die der ebenfalls untersuchten 10 m x 10 m großen Plots, die die kleineren Plots mit einschließen (Schmiede et al., 2010; Schmiede et al., 2012). Die erneute Untersuchung der 25 m<sup>2</sup> großen Plots erlaubt einen Vergleich der 2006-2009 erhobenen Daten mit den Daten aus dem laufenden Projekt und somit eine Beurteilung der langfristigen Entwicklung der renaturierten Flächen. Auf den elf Mahdgutstreifen, auf denen 2006-2009 keine Vegetationsaufnahmen durchgeführt worden waren (G, I-R), wurden zusätzlich jeweils neun Plots eingerichtet und untersucht (Abbildung 2).

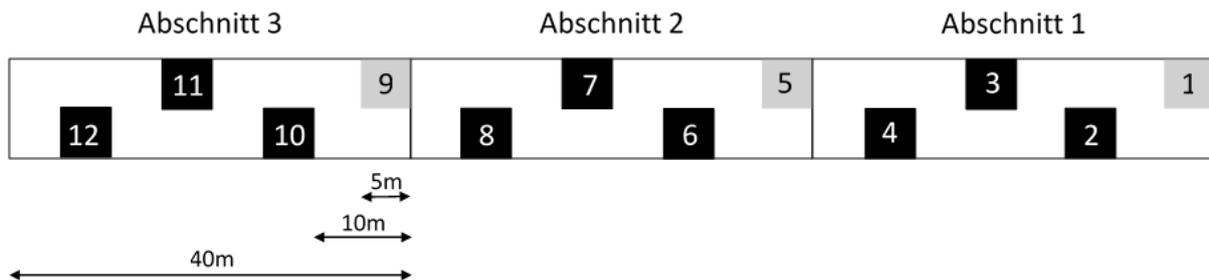


Abbildung 2: Lage der 25 m<sup>2</sup> großen Plots in den Mahdgutstreifen. Schwarz hinterlegt sind die Plots von Schmiede (unveröffentlichte Daten), die im Falle der Streifen A1-H (ohne G) erneut untersucht wurden. Auf den Streifen G und I-R wurden an den entsprechenden Stellen neue Plots eingerichtet. Jeder der Abschnitte entspricht einer der Bodenvorbereitungsvarianten „gefräst“, „gepflügt“ und „ohne Bodenvorbereitung“, diese sind jeweils zufällig angeordnet.

Zusätzlich wurden außerhalb jedes Mahdgutstreifens zwei weitere Vegetationsaufnahmen durchgeführt (insgesamt 40 Aufnahmen). Diese lagen jeweils in einem Abstand von 15 m bis 40 m zu den Streifen im umgebenden Grünland. So sollten der Zustand des Grünlands ohne Renaturierungsmaßnahmen beurteilt und Schlüsse über den Nutzen der Mahdgutübertragung gezogen werden. Die Lage dieser Plots wurde dokumentiert.

Außerdem wurden insgesamt 34 Vegetationsaufnahmen auf den acht Spenderflächen, von denen das Material für die Mahdgutstreifen stammte, durchgeführt. Pro Spenderfläche wurden je nach Flächengröße 3-5 Plots aufgenommen. Von diesen Plots deckten sich 12 mit Plots, die 2015/ 2016 im DBU-geförderten Projekt „Entwicklung eines räumlich-expliziten Prognosesystems für die ökologische Bewertung von Überflutungsereignissen in Auenlebensräumen“ aufgenommen worden waren (Otte et al., 2018). Vier der 34 Plots deckten sich mit Plots, auf denen im Zeitraum zwischen 1998 und 2008 im Rahmen von Untersuchungen der Universität Münster Aufnahmen durchgeführt worden waren. Die restlichen 18 Plots wurden neu eingerichtet und mittels Magneten am südöstlichen Eckpunkt markiert, von wo aus sie sich nach Norden und Westen aufspannen.

## *Boden und Biomasse*

Für jeden der 254 Plots wurden im April und Mai 2021 mittels eines N<sub>min</sub>-Bohrers mit 2,5 cm Durchmesser an vier zufällig gewählten Punkten Bodenproben aus 0-10 cm Tiefe entnommen. Anschließend wurden diese jeweils zu einer Mischprobe vereint. Die Mischproben wurden luftgetrocknet und auf 2 mm gesiebt. Der Boden-pH-Wert wurde in CaCl<sub>2</sub>-Lösung und in destilliertem Wasser gemessen. Zudem wurden eine Calcium-Acetat-Lactat-Extraktion durchgeführt und die Gehalte an pflanzenverfügbarem Kalium und Phosphor gemessen (Deutsches Institut für Normung, 2000). Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffgehalte wurden mittels Elementaranalyse bestimmt (Gerät "Unicube", Fa. "elementar"; DIN EN 16168, 2012; DIN EN 15936, 2012). Die Bestimmung des anorganischen Kohlenstoffs erfolgte mittels Scheibler-Methode (Deutsches Institut für Normung, 2000). Das C/N-Verhältnis und der Gehalt an organischem Kohlenstoff wurde rechnerisch aus den Ergebnissen der Analysen ermittelt (Kuntze et al., 1994).

Zwischen Ende Mai und Anfang Juni wurden auf jedem der 254 Plots vier Biomasseproben auf einer Fläche von je 0,1 m<sup>2</sup> geschnitten und zu einer Mischprobe vereint (also 0,4 m<sup>2</sup> Probefläche je Plot). Der Probenahmezeitpunkt lag für alle Flächen kurz vor dem regulären ersten Mahdtermin des Wirtschaftsgrünlands im Untersuchungsgebiet, der zwischen dem 08.06. und dem 15.06. liegt. Einige Spenderflächen unterliegen nur einem einmaligen Pflegeschnitt im Spätsommer, zur besseren Vergleichbarkeit erfolgte auch hier die Probenahme zwischen Ende Mai und Anfang Juni. Die Proben wurden in offenen Crisp-Tüten bei 60°C für 48 Stunden im Trockenschrank getrocknet und gewogen. Anschließend wurden die Proben auf 0,5 mm Partikelgröße gemahlen.

Die Analyse der Biomasseproben erfolgte mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Beim NIRS-Verfahren werden Proben mit bekannten Konzentrationen bestimmter Inhaltsstoffe elektromagnetischer Strahlung im Nahinfrarotbereich ausgesetzt (Foley et al., 1998). Die resultierenden Bandenmuster werden mittels statistischer Verfahren auf ein Spektrum verschiedener Substanzkonzentrationen kalibriert, was anschließend eine Messung an Proben unbekannter Zusammensetzung ermöglicht. Details zur Probenaufbereitung und Messroutine finden sich in Kleinebecker et al. (2011). Bestimmt wurden die Gehalte an neutraler Detergenzienfaser (NDF), saurer Detergenzienfaser (ADF), Lignin (ADL), Stickstoff, Kohlenstoff, Calcium, Kalium,

Magnesium und Phosphor. Über den Stickstoffgehalt wurde der Rohproteingehalt berechnet, aus dem ADF-Gehalt die Nettoenergie für Laktation (NEL) und die umsetzbare Energie (ME) für Wiederkäuer (Kirchgeßner & Kellner, 1982). Die verdauliche Energie (DE) für Pferde wurde über die Gehalte an ADF und Rohprotein ermittelt (NRC, 1999).

### *Datenanalyse*

Die Vegetationsdaten der neun bereits von Schmiede et al. (2010) untersuchten Mahdgutstreifen wurden mit den neu erhobenen verglichen, um die Entwicklung der Zielartenzahl und –deckung sowie der Artenzahl unter den drei Bodenbearbeitungsvarianten über die Zeit zu beurteilen. Als Zielarten wurden typische Arten der Stromtalwiesen bzw. Rote-Liste-Arten definiert (Tabelle A1 im Anhang). Auch die Trends einzelner Zielarten über die Zeit wurden ausgewertet. Die Vegetationszusammensetzung der drei Behandlungsvarianten der Mahdgutstreifen, des unbehandelten Umgebungsgrünlands und der Spenderflächen wurde mittels nicht-metrischer multidimensionaler Skalierung (NMDS) verglichen und mit den Umweltvariablen, Zeigerwerten und Futterwertparametern in Beziehung gesetzt. Die Bodennährstoffgehalte (N, P, K, C/N-Verhältnis), die ökologischen Eigenschaften (Artenzahl, Zielartenzahl, Zielartendeckung) sowie die futterwirtschaftliche Eignung (Ertrag und Energiegehalte) der fünf Flächentypen wurden miteinander verglichen und statistisch auf signifikante Unterschiede geprüft. Bedeutende Faktoren für den Renaturierungserfolg wurden mittels einer Selektion linearer Regressionsmodelle auf Ebene der Mahdgutstreifen ermittelt. Als Erfolgsvariablen wurden die relativen und absoluten Transferraten von Arten und Zielarten sowie die Zunahme von Zielartenzahl- und -deckung gegenüber dem unbehandelten Umgebungsgrünland gewählt. Geprüft wurde der Einfluss von Biomasseertrag, N/P- und N/K-Verhältnis in der Biomasse, Bodeneigenschaften (pH-Wert, K- und P-Gehalt, organischer C, C/N-Verhältnis), Überflutungshäufigkeit, Dürrehäufigkeit sowie der Standardabweichung des Grundwasserstandes. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software R 4.0.3 (R Core Team, 2020).

### **3.2 Arbeitspaket 2 – Lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungsprojekte**

#### *Flächenakquise*

Im Rahmen von AP2 wurden Flächen aus Praxisprojekten mit Mahdgutübertragung auf den Renaturierungserfolg hin untersucht. Von 13 Interviewpartnern konnten hierfür Flächen akquiriert sowie Informationen zu den durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen zusammengetragen werden. Erfasst wurden:

- Lage und Umrisse der Empfänger- und Spenderflächen
- Art der Bewirtschaftung
- Datum und Jahr der Mahdgutgewinnung und –ausbringung
- Art der Zwischenlagerung
- Vorzustand, Vornutzung der Empfängerflächen
- Maßnahmenziele, Ziellebensraum
- Art und Umfang zusätzlicher Arteinbringung neben der Übertragung von Mahdgut
- Eigenschaften des übertragenen Mahdguts (frisch, getrocknet)
- Schichtdicke bei der Ausbringung
- Vorbereitung der Empfängerfläche
- spezielle Umstände mit vermuteten Auswirkungen auf den Maßnahmenerfolg (z.B. Dürreperioden nach Mahdgutauftrag)
- bisheriges Monitoring
- weitere Anmerkungen der Partner

Die Flächenauswahl erfolgte mit dem Ziel einen Feuchtigkeits- und Altersgradienten abzubilden. Alle notwendigen naturschutzrechtlichen Genehmigungen für die Untersuchungen wurden von den jeweils zuständigen Behörden eingeholt. Über die Interviewpartner sowie weitere Informationskanäle (z.B. Ämter) wurde Kontakt zu allen Bewirtschaftern der Empfänger- und Spenderflächen aufgenommen. Auf diesem Wege wurden sie über die geplanten Untersuchungen informiert sowie weitere Informationen zu Flächenhistorie und aktueller Nutzung eingeholt. Diese Informationen (v.a. Zeitpunkt der ersten Nutzung) dienen der zeitlichen Planung der Felderhebungen. Die untersuchten 38 Empfänger- und 36 Spenderflächen (zuzüglich dreier Empfängerflächen und einer Spenderfläche, die von der Universität Potsdam

untersucht wurden) verteilten sich über die Bundesländer Brandenburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und das Saarland, sowie den Staat Luxemburg (Abbildung 3). Die Jahresdurchschnittstemperaturen lagen zwischen 5,9 und 11,4 °C, die durchschnittlichen Jahresniederschläge zwischen 510 und 1289 mm (Deutscher Wetterdienst, 2023, Mittelwerte der jeweils nächstgelegenen Wetterstationen von 1990-2020). Die Flächen befanden sich in Höhenlagen zwischen 23 und 778 m ü. NN (Google Earth Pro 7.3.6, 2022).

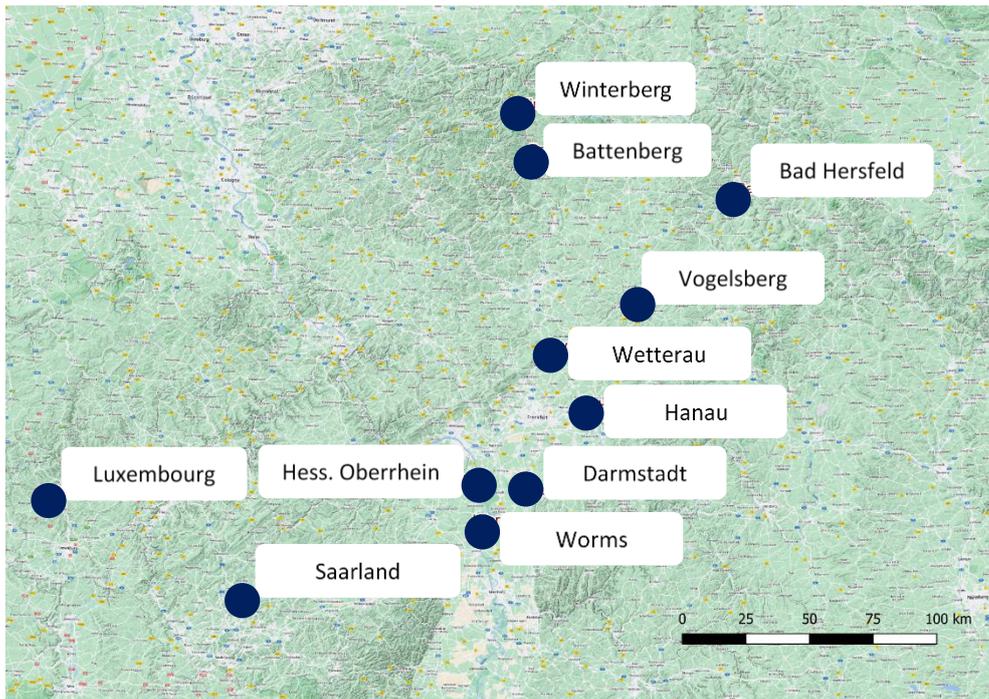


Abbildung 3: Lage der untersuchten Flächen für das AP2, aggregiert in 11 Regionen.

### *Renaturierungsmaßnahmen*

Vor der Mahdgutübertragung wurden die Empfängerflächen auf unterschiedliche Weise genutzt bzw. hatten verschiedene Vorzustände. Neben einer Aufwertung bestehenden Grünlands wurde die Anlage von Grünlandgesellschaften auf (teils seit einem Jahr brachliegenden) Ackerflächen, Oberbodenaufschüttungen (Deiche, Straßenböschungen), Forstflächen oder Rohböden (Oberbodenabtragsflächen, Dünenaufschüttungen) durchgeführt (Abbildung 4). Die Vorvegetation wurde durch Mahd bzw. Mulchen und zumeist auch durch Bodenbearbeitung mittels Pflügen oder Fräsen gestört. Forstbestände wurden gerodet, geräumt und der Boden mit Forstmulchern oder Baggern geöffnet. Auf 33 der 41 Empfängerflächen wurde Frischmaterial von den Spenderflächen übertragen, auf sieben Flächen Heu und auf drei Flächen zur Restitution von Sandrasen Rechgut. Auf 18 Flächen wurden

Maßnahmen zur Verbreiterung des eingebrachten Artenspektrums ergriffen – dazu gehörten Handaussaat, Pflanzung und Mahdgutübertragung von mehreren Spenderflächen (bis zu vier). Die Folgepflege erfolgte mittels Mahd, Beweidung oder Mulchen; zwei Empfängerflächen blieben ohne Folgepflege.

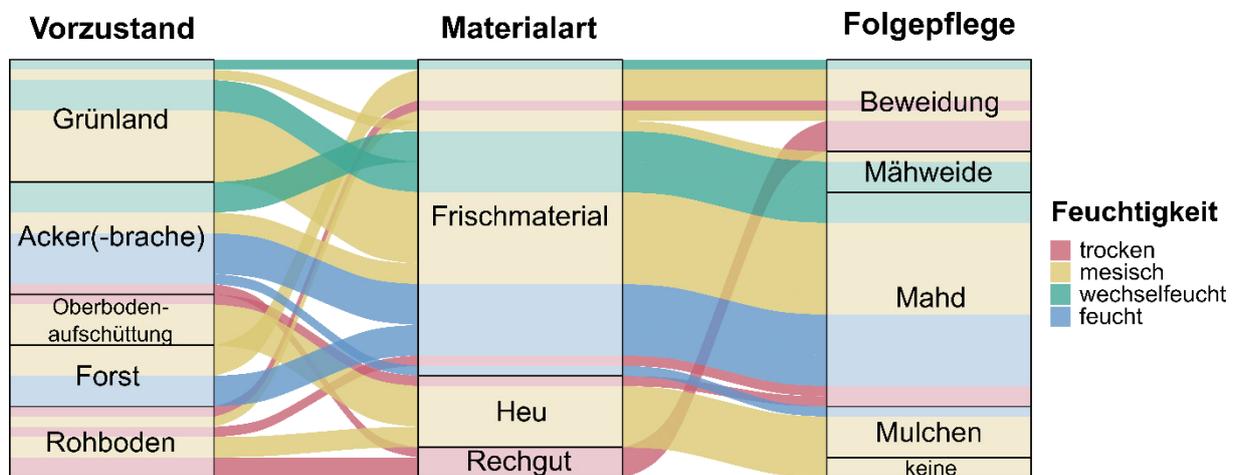


Abbildung 4: Charakterisierung des Renaturierungsprozesses für die 41 Empfängerflächen der Mahdgutübertragung aus AP2. Die Farben gruppieren die Flächen nach den Zielgrünlandtypen der Renaturierung. Die Breite der Bänder spiegelt den Anteil der Empfängerflächen mit dem jeweiligen Zielgrünlandtyp an der Gesamtzahl der Empfängerflächen auf jeder Stufe des Renaturierungsprozesses (Vorzustand der Flächen, Art des übertragenen Materials, Folgepflege nach der Mahdgutübertragung) wider.

### Felduntersuchungen

Je nach Größe der Spender- bzw. Empfängerflächen wurden je Fläche zwei (< 0,2 ha), drei (0,2 bis 2 ha) oder vier (> 2 ha) 5 m x 5 m große Plots eingerichtet und am jeweils südöstlichen Eckpunkt mit einem Magneten markiert, von wo aus sie sich nach Norden und Westen aufspannen. Insgesamt wurden auf den 37 Spenderflächen 118 Plots platziert, auf den 41 Empfängerflächen waren es 110 Plots. Zwischen dem 09.05.2022 und dem 04.07.2022 wurden, jeweils vor dem ersten Schnitt oder Weidegang, mit der gleichen Methodik wie in AP1 Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Um die Vergleichbarkeit der Daten von Spender- und Empfängerflächen zu gewährleisten, wurden zusammengehörende Flächen innerhalb von höchstens zehn Tagen untersucht. Von allen Plots wurden mit der gleichen Methodik wie in AP1 Boden- und Biomasseproben entnommen und im Labor auf ihre Zusammensetzung untersucht.

### Datenanalyse

Zur Charakterisierung der erfassten Pflanzengemeinschaften wurden für alle 228 Plots die durchschnittlichen Ellenberg-Zeigerwerte (Nährstoffe (N), Bodenreaktion (R) etc.)

sowie die Anteile von Indikatorarten für Wechselfeuchte (~) und Überflutung (=) an der Gesamtartenzahl berechnet. Die Anteile an Arten verschiedener Lebensformen (Hemikryptophyten, Therophyten etc.), Lebensdauern (Annuelle, Biannuelle etc.) und Hauptstrategietypen (C, S, R) an der Gesamtartenzahl wurden ebenfalls kalkuliert, wobei Arten mit kombinierten Strategien (z.B. CR) für jeden Strategietyp gezählt wurden. Als Datengrundlage diente Klotz et al. (2002).

Zur Beurteilung des Renaturierungserfolges wurden vier Variablen berechnet:

- a) Ähnlichkeit zu Spenderflächenplots hinsichtlich Artenzusammensetzung (Werte zwischen 0 und 1)
- b) Ähnlichkeit zu Spenderflächenplots hinsichtlich Bestandsstruktur (Wuchshöhe, Deckung Moose, Offenboden etc., Werte zwischen 0 und 1)
- c) Anzahl an Rote-Liste-Arten je 25 m<sup>2</sup>
- d) Deckung der Rote-Liste-Arten.

Zur explorativen Analyse der Vegetationszusammensetzung und zugrundeliegender Umweltgradienten wurde eine nicht-metrische multidimensionale Skalierung (NMDS) der Aufnahmen von den Spenderflächen allein sowie in Kombination mit den Empfängerflächen durchgeführt. Artenzahlen, Vegetationsstruktur, Boden- und Biomasseparameter, Ellenberg-Zeigerwerte sowie die Zusammensetzung der Lebensformen, Lebensdauern und Strategietypen wurden als Vektoren im Ordinationsdiagramm dargestellt.

Für die o.g. Analysen sowie zur Gegenüberstellung von Standortdaten der Spender- und Empfängerflächen wurden diese anhand der mittleren Ellenberg-Feuchtezahlen der Spenderflächen in vier Ziel-Grünlandtypen für die Renaturierung (trocken, mesisch, wechselfeucht, feucht) eingeteilt.

### **3.3 Arbeitspaket 3 – Expertenwissen**

#### *Anwerbung und Auswahl von Interviewpartnern*

Zwischen dem 26.11.2020 und dem 17.03.2021 und zwischen dem 02.09.2022 und dem 13.09.2022 wurden insgesamt 31 Interviews mit 33 Praktikern der Mahdgutübertragung durchgeführt. Die Interviewpartner wurden im Herbst und Winter 2020/2021 nach dem Schneeballprinzip angeworben. Dabei wurden die initial über

bestehende Kontakte oder Verbindungen gewonnenen Interviewpartner nach den Interviews stets gefragt, ob sie weitere Personen kennen, die ebenfalls für eine solche Befragung in Frage kämen, und bei geeigneten Rahmenbedingungen um Vermittlung gebeten. So wurde darauf geachtet, dass die Personen Erfahrungen mit der Methode der Mahdgutübertragung (und nicht nur mit anderen Renaturierungsmethoden) gesammelt hatten. Die Übertragung von Rechtgut wurde aufgrund der starken methodischen Ähnlichkeit mit einbezogen. Zudem sollten die Erfahrungen zumindest zum Großteil aus Tätigkeiten außerhalb von Hochschulen stammen, um außerhalb der Wissenschaft gesammeltes Wissen zusammenzutragen und zu bündeln. Im Falle positiver Rückmeldungen wurden diese Partner ebenfalls interviewt und im Anschluss an die Interviews wiederum nach weiteren in Frage kommenden Partnern gefragt. Als im Laufe der Interviews die Menge der jeweils neu aufgebrachten Aspekte abnahm, wurde die weitere Kontaktierung von Partnern schließlich eingestellt.

Die für die Interviews gewonnenen Praktiker wurden anhand ihrer Selbstbezeichnungen bzw. der in den Interviews gewonnenen Informationen den Branchen Verwaltung (9 Zuordnungen), Flächenagenturen (2), Landwirtschaft (5), Garten- und Landschaftsbau (3), Landschaftsplanung (7) sowie öffentlich finanzierte Projektträger (7) zugeordnet. Die Projekte, in die sie involviert waren, deckten ein Spektrum verschiedener Regionen in der Bundesrepublik Deutschland sowie Luxemburg ab. Es wurde über Projekte in den Bundesländern Hessen, Baden-Württemberg, Saarland, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen gesprochen. Auch die renaturierten Lebensräume waren vielfältig – neben Stromtalwiesen wurden Magere Flachland-Mähwiesen bzw. Frischwiesen, Sumpfdotterblumenwiesen, Berg-Mähwiesen, Borstgrasrasen, Heiden, Halbtrockenrasen, Kalkmagerrasen und Sandtrockenrasen als Ziellebensräume benannt. Der Schwerpunkt lag allerdings auf feuchten und frischen Wiesengesellschaften. Als ihre Rolle in den Projekten nannten 28 der 33 Praktiker die Planung bzw. Organisation, neun die Maßnahmenumsetzung, 13 das Monitoring der renaturierten Flächen und fünf die Folgepflege bzw. –bewirtschaftung.

### *Durchführung der Interviews*

Die Befragungen dauerten zwischen 43 und 120 Minuten. 25 Praktiker wurden in (Video-)Telefonaten interviewt, 8 Praktiker in Person. Befragt wurden die Praktiker zu folgenden Themen:

- dem Verständnis des Begriffs „Mahdgutübertragung“
- den bisherigen Erfahrungen mit der Methode der Mahdgutübertragung
- den Zielsetzungen in ihren Projekten
- den Gründen, Mahdgutübertragung als Verfahren anzuwenden
- der Finanzierung von Maßnahmen, ggf. auch von Monitoring
- den organisatorischen Aspekten, den Abläufen und Absprachen mit Beteiligten
- der praktischen Durchführung und der Folgenutzung der renaturierten Flächen
- der Anwendung weiterer Verfahren und den Gründen hierfür
- der Bewertung des Erfolgs und der Grundlage für diese Einschätzung (z.B. Monitoring)
- den aus ihrer Sicht entscheidenden Faktoren für den (Miss-)Erfolg ihres Projekts
- Dingen, die sie bei einem möglichen nächsten Mal anders handhaben würden
- den Informationsmöglichkeiten, die sie im Vorfeld genutzt hatten
- inwieweit sie eigene Erfahrungen schon geteilt hatten
- weiteren Forschungsbedarf, den sie bei der Methode der Mahdgutübertragung sehen

Auch Themen, die vonseiten der Partner selbst angesprochen wurden, wurden berücksichtigt. Erfragt wurden im Anschluss Alter, Geschlecht, Beruf und Branche, sowie das Interesse an der Teilnahme am geplanten Workshop zum Abschluss des laufenden Projekts. Dieses bestand ausnahmslos. Es wurde zudem das Vorhaben in AP2 erläutert und erfragt, ob die Partner bereit wären, potenzielle Untersuchungsflächen für dieses zu benennen bzw. zur Verfügung zu stellen.

### *Auswertung und Analyse der Interviews*

Die Interviews wurden in Form ausführlicher Notizen transkribiert. Anschließend wurde eine qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) durchgeführt. Mittels der Software

QDA Miner Lite (Version 2.0.8, Provalis Research, o. J.) wurden die Interviews kodiert, d.h. den Interviewabschnitten wurden angesprochene Themen (Codes) zugeordnet. Bei der Codierung wurde iterativ der Fokus auf Erfolgsfaktoren, d.h. Faktoren mit einem Einfluss auf den Projekterfolg aus Sicht der Praktiker, gelegt. Am Ende des Prozesses wurden 173 Codes für Erfolgsfaktoren definiert und in 17 Kategorien zusammengefasst.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Arbeitspaket 1 – Langzeitentwicklung von renaturierten Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein

#### *Vegetationsentwicklung über die Zeit*

Die Unterschiede zwischen den Bodenvorbereitungsvarianten hinsichtlich der Artetablierung, die drei Jahre nach der Mahdgutübertragung sehr deutlich gewesen waren, waren im Jahr 2021 nicht mehr nachweisbar. Es gab keine Unterschiede in der Zielartenzahl, Zielartendeckung und Gesamtartenzahl zwischen den gepflügten, gefrästen und nicht bearbeiteten Abschnitten der Mahdgutstreifen mehr (Abbildung 5). Im Mittel stabilisierte sich die Anzahl an Zielarten pro 25-m<sup>2</sup>-Plot zwischen  $2,2 \pm 0,5$  (gepflügt, Mittelwert  $\pm$  Standardfehler) und  $3,0 \pm 0,5$  (gefräst), also etwa auf dem Niveau, welches im dritten Jahr nach Mahdgutauftrag bei Bodenbearbeitung beobachtet worden war. Gleiches galt für die Deckung der Zielarten (zwischen  $3,1 \pm 0,8$  % ohne Bodenbearbeitung und  $3,5 \pm 0,9$  % mit Fräsen). Die mittlere Artenzahl wiederum sank in den Varianten mit Bodenvorbereitung auf ca. 25 ab, was ungefähr dem Niveau der unbearbeiteten Variante entsprach. 13 Zielarten hatten in ihrer Frequenz zugenommen, darunter viele Rote-Liste Arten wie *Carex praecox*, *Galium boreale*, *Iris spuria* oder *Peucedanum officinale*. Acht Zielarten hatten in ihrer Frequenz abgenommen, waren aber zumeist bereits von Schmiede et al. (2010) in nur geringer Frequenz (< 5 % der Plots) detektiert worden, wie etwa *Bupleurum falcatum* oder *Rhinanthus alectorolophus*.

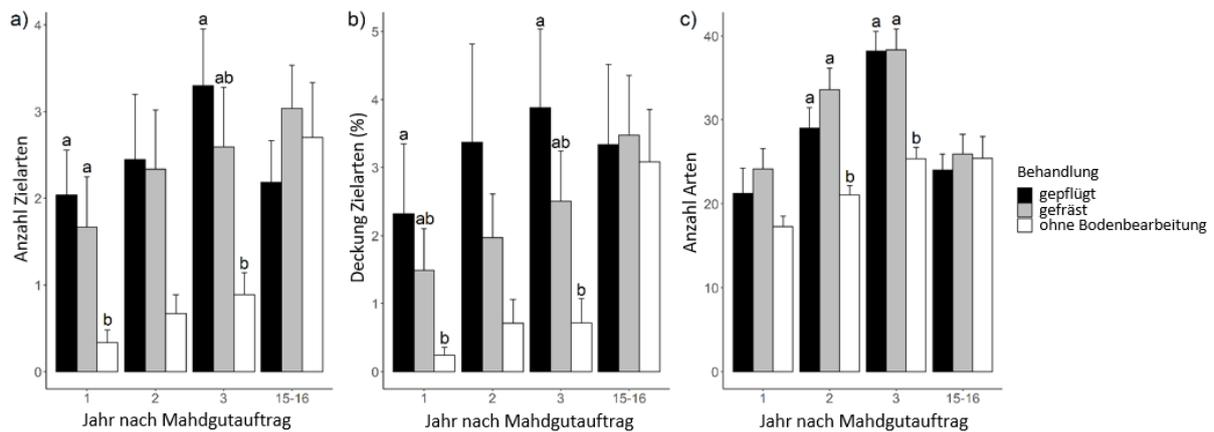


Abbildung 5: Entwicklung der Anzahl (a) und Deckung (b) der Zielarten sowie der Anzahl an Arten (c) pro 25 m<sup>2</sup> über die Zeit nach der Mahdgutübertragung auf den von Schmiede et al. (2010) untersuchten Mahdgutstreifen, getrennt nach den drei Bodenbearbeitungsvarianten (jeweils n=9). Signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) innerhalb der Jahre werden durch verschiedene Buchstaben über den Säulen symbolisiert. Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler an. Abbildung verändert nach Sommer et al. (2023a).

### Vergleich der Mahdgutstreifen, des unbehandelten Grünlands und der Spenderflächen

Die NMDS für die 2021 durchgeführten Vegetationsaufnahmen zeigt eine deutliche Differenzierung zwischen den Spenderflächen auf der einen und den Mahdgutstreifen und dem unbehandelten Grünland auf der anderen Seite (Abbildung 6). Die Zentroide der Mahdgutstreifen sind hierbei im Vergleich zum unbehandelten Grünland leicht in Richtung der Spenderflächen verschoben. Die Spenderflächenaufnahmen sind hierbei mit höheren Arten- und Zielartenzahlen, höheren Ellenberg-Reaktionszahlen und höheren umsetzbaren Energiegehalten in der Biomasse assoziiert. Die Mahdgutstreifen und das unbehandelte Grünland hingegen tendieren zu höheren Ellenberg-Nährstoffzahlen, gesteigerten Biomasseerträgen, Fasergehalten in der Biomasse und Boden-Stickstoffgehalten.

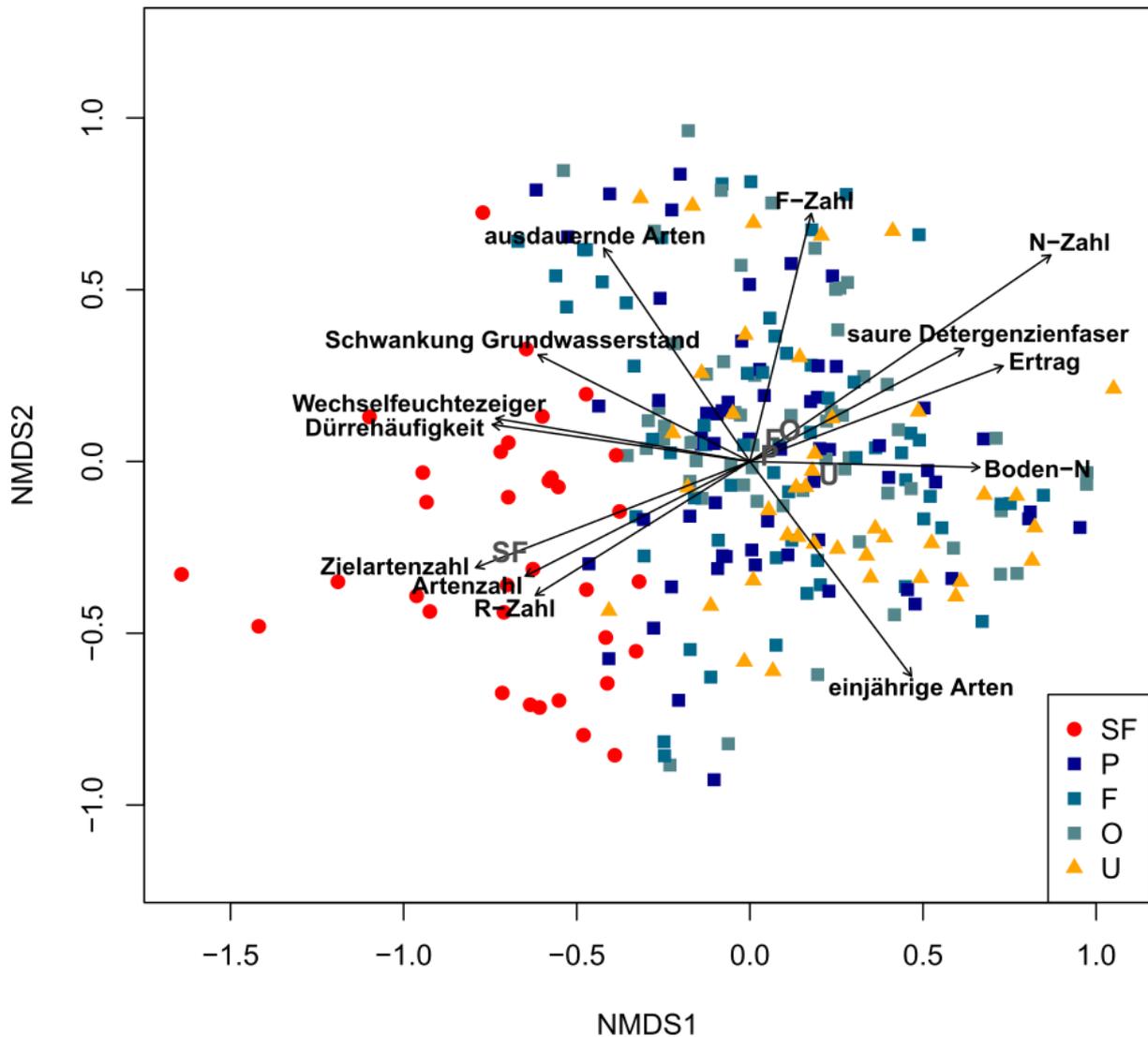


Abbildung 6: NMDS der 254 Vegetationsaufnahmen aus 2021 (erste und zweite Achse der dreidimensionalen Lösung werden gezeigt). Stresslevel: 16,9. Die Aufnahmen sind gruppiert nach Spenderflächen (SF), unbehandeltem Grünland (U), sowie den drei Bodenbearbeitungsvarianten auf den Mahdgutstreifen – gepflügt (P), gefräst (F) und ohne Bodenvorbereitung (O). Die Gruppenkürzel markieren die jeweiligen Zentroide. Umweltvariablen sind als Vektoren mit einem  $r^2 > 0,3$  dargestellt. Zur besseren Lesbarkeit sind die Deckung der Zielarten und die umsetzbare Energie trotz  $r^2 > 0,3$  nicht dargestellt; sie sind hochkorreliert mit der Arten- und Zielartenzahl. Abbildung verändert nach Sommer et al. (2023a).

Die Bodennährstoffgehalte der Mahdgutstreifen und des unbehandelten Grünlands waren fast identisch, während die Spenderflächen signifikant höhere C/N-Verhältnisse aufwiesen. Die Anzahl an Zielarten war auf allen drei Behandlungsvarianten (Mittelwert  $1,9 \pm$  Standardfehler von  $0,3$ ) signifikant höher als auf dem unbehandelten Grünland ( $0,7 \pm 0,2$ ) (Abbildung 7a), aber wesentlich geringer als auf den Spenderflächen ( $7,0 \pm 1,4$ ). Ähnliche Trends zeigten sich beim Deckungsgrad der Zielarten und der Gesamtartenzahl, wobei sich die Mahdgutstreifenbehandlungen hier nicht signifikant vom unbehandelten Grünland abhoben (Abbildung 7b und c).

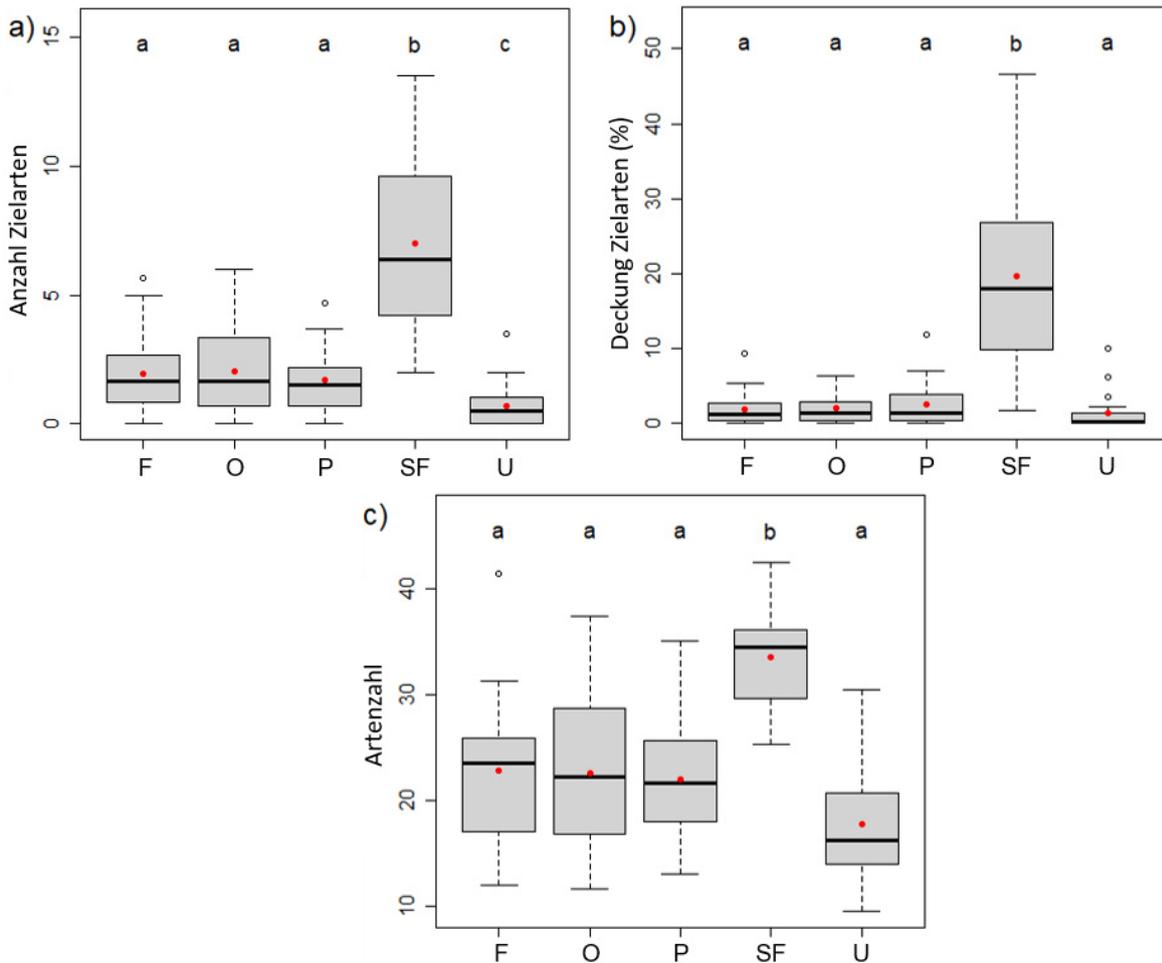


Abbildung 7: Box-Whisker-Plots der Anzahl an Zielarten (a), der Deckung der Zielarten (b) und der Artenzahl (c) je 25-m<sup>2</sup>-Vegetationsaufnahme für die Mahdgutstreifen mit den Bodenbearbeitungsvarianten Fräsen (F), ohne Bodenbearbeitung (O) und Pflügen (P) (jeweils n=20), sowie für die Spenderflächen (SF, n=8) und das unbehandelte Grünland (U, n=20). Die Einzelwerte für die Aufnahmen wurden auf Ebene der Flächen bzw. im Falle der Mahdgutstreifen auf Ebene der Behandlungen gemittelt. Die roten Punkte repräsentieren die Mittelwerte. Signifikante Gruppenunterschiede (p<0,05) nach ANOVA und Tukey-HSD-Test sind durch unterschiedliche Buchstaben über den Boxen gekennzeichnet. Abbildung verändert nach Sommer et al (2023a).

Die Trockenmasseerträge der Mahdgutstreifen ( $407 \pm 26 \text{ g/m}^2$ ) und des unbehandelten Grünlands ( $421 \pm 36 \text{ g/m}^2$ ) unterschieden sich nicht, waren aber ca. 70 % und damit signifikant höher als auf den Spenderflächen (Abbildung 8a). Die Energiegehalte waren für die Spenderflächen 4-5 % höher als für die Mahdgutstreifen und das unbehandelte Grünland (Abbildung 8b-d).

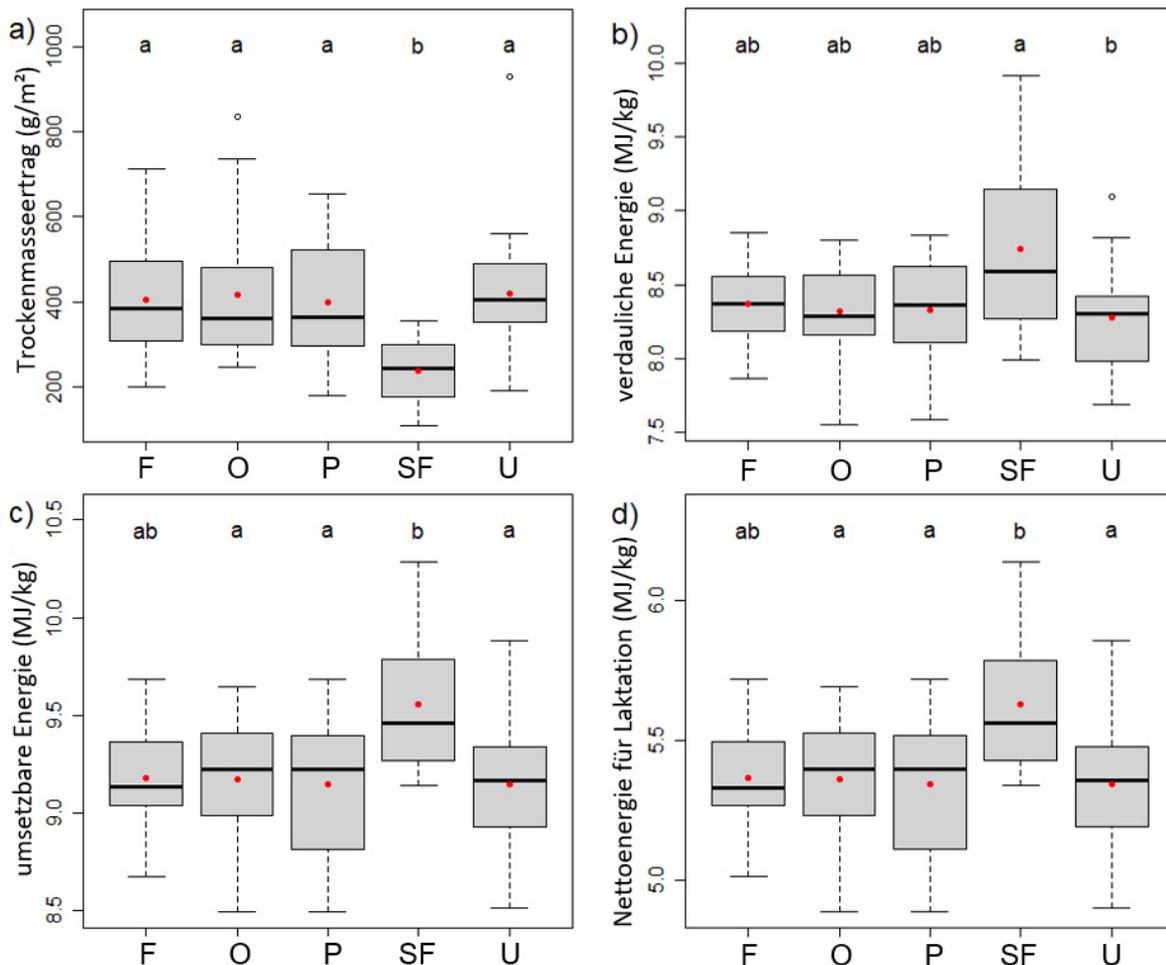


Abbildung 8: Box-Whisker-Plots des Trockenmasseertrags (a), der verdaulichen Energie (b), der umsetzbaren Energie (c) und der Nettoenergie für Laktation (d) für die Mahdgutstreifen mit den Bodenbearbeitungsvarianten Fräsen (F), ohne Bodenbearbeitung (O) und Pflügen (P) (jeweils n=20), sowie für die Spenderflächen (SF, n=8) und das unbehandelte Grünland (U, n=20). Die Einzelwerte für die Aufnahmen wurden auf Ebene der Flächen bzw. im Falle der Mahdgutstreifen auf Ebene der Behandlungen gemittelt. Die roten Punkte repräsentieren die Mittelwerte. Signifikante Gruppenunterschiede ( $p < 0,05$ ) nach ANOVA und Tukey-HSD-Test sind durch unterschiedliche Buchstaben über den Boxen gekennzeichnet. Abbildung verändert nach Sommer et al. (2023a).

### *Erfolgsfaktoren der Renaturierung*

Drei Variablen fielen bei der Modellselektion zur Ermittlung wichtiger Erfolgsfaktoren auf, da sie für jeweils mindestens zwei Erfolgsvariablen als signifikante Regressoren selektiert wurden. Gesteigerte Trockenmasseerträge und höhere Überflutungshäufigkeiten auf den Mahdgutstreifen hatten einen negativen Einfluss auf den Renaturierungserfolg, während höhere C/N-Verhältnisse im Boden sich positiv auswirkten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht über die selektierten Regressionsmodelle für die Erfolgsvariablen der Renaturierung. TR – Transferrate. Die Zeilen enthalten die verschiedenen erklärenden Variablen in den selektierten Modellen – Trockenmasseertrag, C/N-Verhältnis, pflanzenverfügbare P-Gehalt und pH-Wert des Bodens, Standardabweichung des Grundwasserstandes, Überflutungs- und Dürrehäufigkeit. Variablen mit einem Punkt wurden für das jeweilige Modell nicht selektiert. Die Signifikanzniveaus sind wie folgt angegeben: \*\*\* -  $p \leq 0.001$ , \*\* -  $p \leq 0.01$ , \* -  $p \leq 0.05$ . n – Anzahl der Beobachtungen, R<sup>2</sup> - adjustiertes R<sup>2</sup> des Modells.

	Absolute TR Zielarten (%)	Absolute TR Arten (%)	Relative TR Zielarten (%)	Relative TR Arten (%)	Zunahme Zielartenzahl je 25 m <sup>2</sup>	Zunahme Zielartendeckung (%)
Achsenabschnitt	<b>5.578***</b>	<b>40.111***</b>	<b>21.993**</b>	<b>24.952***</b>	<b>1.231***</b>	<b>28.588***</b>
Trockenmasseertrag	<b>-1.564***</b>	<b>-9.817*</b>	.	.	<b>-0.591*</b>	.
Boden-C/N-Verhältnis	.	.	.	.	<b>1.039***</b>	<b>4.657*</b>
Boden-P	.	5.968	.	.	.	.
Boden-pH	.	.	15.183	.	.	.
SD des Grundwasserstands	.	.	.	.	.	<b>4.925*</b>
Überflutungshäufigkeit	<b>-0.998*</b>	-4.351	.	-1.784	<b>-0.567*</b>	-2.682
Dürrehäufigkeit	.	.	<b>13.310*</b>	.	.	.
n	20	20	15	15	20	20
R <sup>2</sup>	0.65	0.39	0.36	0.01	0.60	0.42

## **4.2 Arbeitspaket 2 – Lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungsprojekte**

Die in AP 2 durchgeführten Untersuchungen zeigten deutliche Unterschiede bezüglich der Standorteigenschaften zwischen Spender- und Empfängerflächen. So war der Trockenmasseertrag auf Spenderflächen der untersuchten wechselfeuchten Standorten deutlich niedriger als auf den Empfängerflächen, während es bei allen anderen Standorten keine Unterschiede gab (Abb. 9A). Die Spenderflächen aller Standorte hatten im Mittel höhere Gehalte an organischem Kohlenstoff als die zugehörigen Empfängerflächen (Abb. 9B), während die Kalium- und Phosphorgehalte im Boden auf den Spenderflächen meist deutlich niedriger waren als auf den Empfängerflächen (Abb. 9C-D). Die Boden-pH-Werte unterschieden sich nur geringfügig zwischen Spender- und Empfängerflächen aller Wasserversorgungsstufen, jedoch gab es insbesondere bei mesischen und wechselfeuchten Standorten starke Unterschiede zwischen den einzelnen Plots (Abb. 9E). Bezüglich der mittleren Ellenberg-Feuchtezahl unterschieden sich Spender- und Empfängerflächen auf wechselfeuchten und nassen Standorten voneinander (Spenderflächen hatten höhere mittlere Feuchtezahlen als Empfängerflächen), während trockene und mesische Standorte ähnliche mittlere Feuchtezahlen aufwiesen.

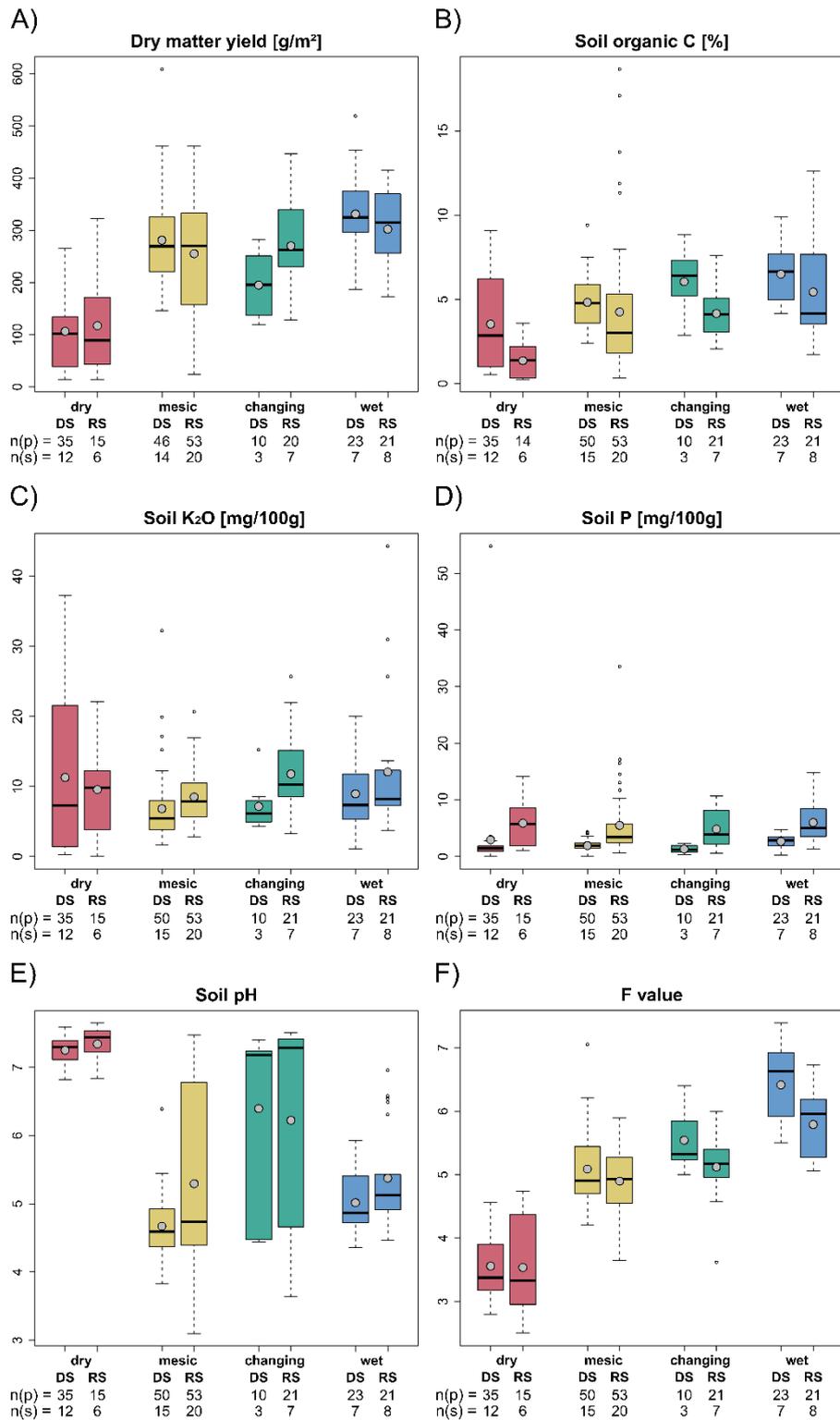


Abbildung 9: Produktivität und Bodeneigenschaften der unterschiedlichen Spender- (Donor Sites DS) und Empfängerflächen-Paare (Recipient Sites RS). Die Grünlandbestände wurden anhand ihrer Wasserversorgung unterteilt – trockene (dry), mesische (mesic), wechselfeuchte (changing) und nasse (wet) Grünlandbestände. Dargestellt sind Trockenmasseertrag (A), Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden (B), pflanzenverfügbares K<sub>2</sub>O (C) and Boden-Phosphor-Gehalt (D), Boden-pH (E) and und mittlerer Ellenberg Feuchtezahl (F) sowie die Anzahl an Plots n(p) und insgesamt untersuchten Flächen n(s). Die Boxplots basieren auf dem Plot-Level.

Bezüglich der Artenzusammensetzung unterschieden sich sowohl die untersuchten Lebensraumtypen (Abb. 10A) als auch die Spender- und Empfängerflächen-Paare (Abb. 10B) deutlich voneinander. Diese Auftrennung korrelierte mit verschiedenen Umweltvariablen; so war auf mesischen Standorten der Anteil an ausdauernden Arten höher als auf den trockenen Standorten und es fanden sich mehr Konkurrenz-Strategen. Trockene Standorte waren durch höhere Boden-pH-Werte geprägt, wahrscheinlich durch die Einbeziehung von Kalktrockenrasen und hatten höhere Ellenberg-Temperaturzahlen sowie einen höheren Anteil einjähriger Arten (Abb. 10A). Zwischen Spender- und Empfängerflächen war keine einheitliche Auftrennung entlang von Umweltgradienten zu erkennen (Abb. 10B).

Die Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerflächen bezüglich ihrer Artenzusammensetzung war relativ gering, auf wechselfeuchten Standorten im Mittel jedoch niedriger als auf trockenen und mesischen Standorten (Abb. 11A). Die strukturelle Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerflächen war hoch und es wurden kaum lebensraumspezifische Unterschiede festgestellt (Abb. 11B). Bei Betrachtung der Anzahl an Rote-Liste-Arten zeigten sich große Unterschiede bezüglich des Renaturierungserfolgs: während auf trockenen Standorten die Anzahl an Rote-Liste-Arten auf den Empfängerflächen teilweise die Anzahl auf den Spenderflächen überstieg, waren auf mesischen und nassen Standorten Spender- und Empfängerflächen auf einem ähnlichen Niveau (Abb. 11C). Insbesondere auf wechselfeuchten Standorten hatten die Empfängerflächen deutlich weniger Rote-Liste-Arten als die zugehörigen Spenderflächen (Abb. 11C). Was die Deckung an Rote-Liste-Arten angeht, liegen die Spenderflächen für alle Grünlandtypen im Mittel über den Empfängerflächen (Abb. 11D).

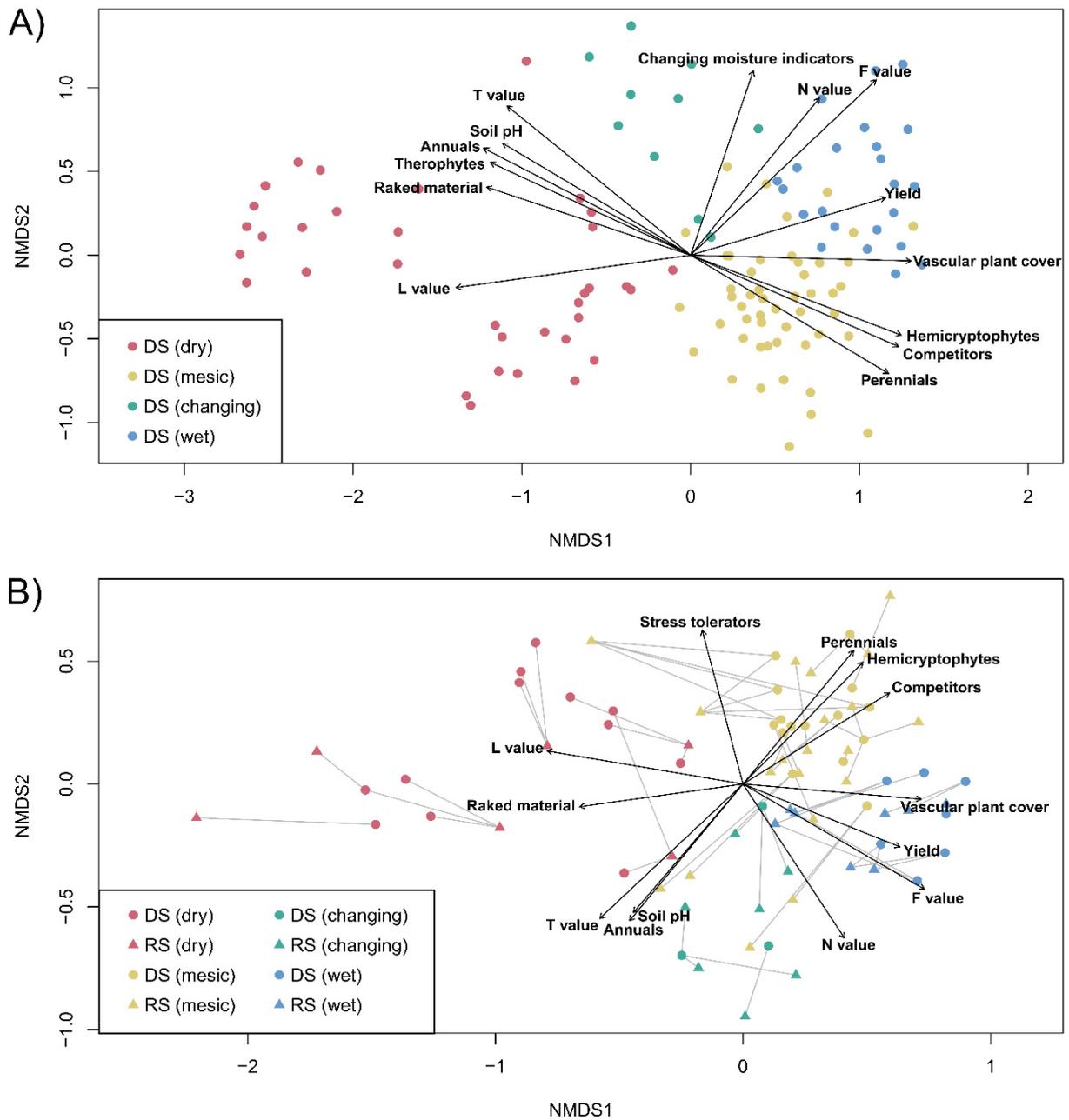


Abbildung 10: Zweidimensionale nichtmetrische multidimensionale Skalierung (NMDS) Ordination für die Artenzusammensetzung der in AP 2 betrachteten A) Spenderflächen (DS) und B) Spender- und Empfängerflächen-Paare (Spenderflächen DS, Empfängerflächen RS; stress: 17.8) angefärbt nach ihrer Wasserversorgung (dry, mesic, changing, wet). In Panel B) verbinden graue Linien zusammengehörnde Spender- und Empfängerflächen; zur besseren Lesbarkeit werden die Plots in B) auf Standortebene zusammengefasst. Schwarze Pfeile zeigen Umweltvariablen mit  $r^2 > 0.5$ .

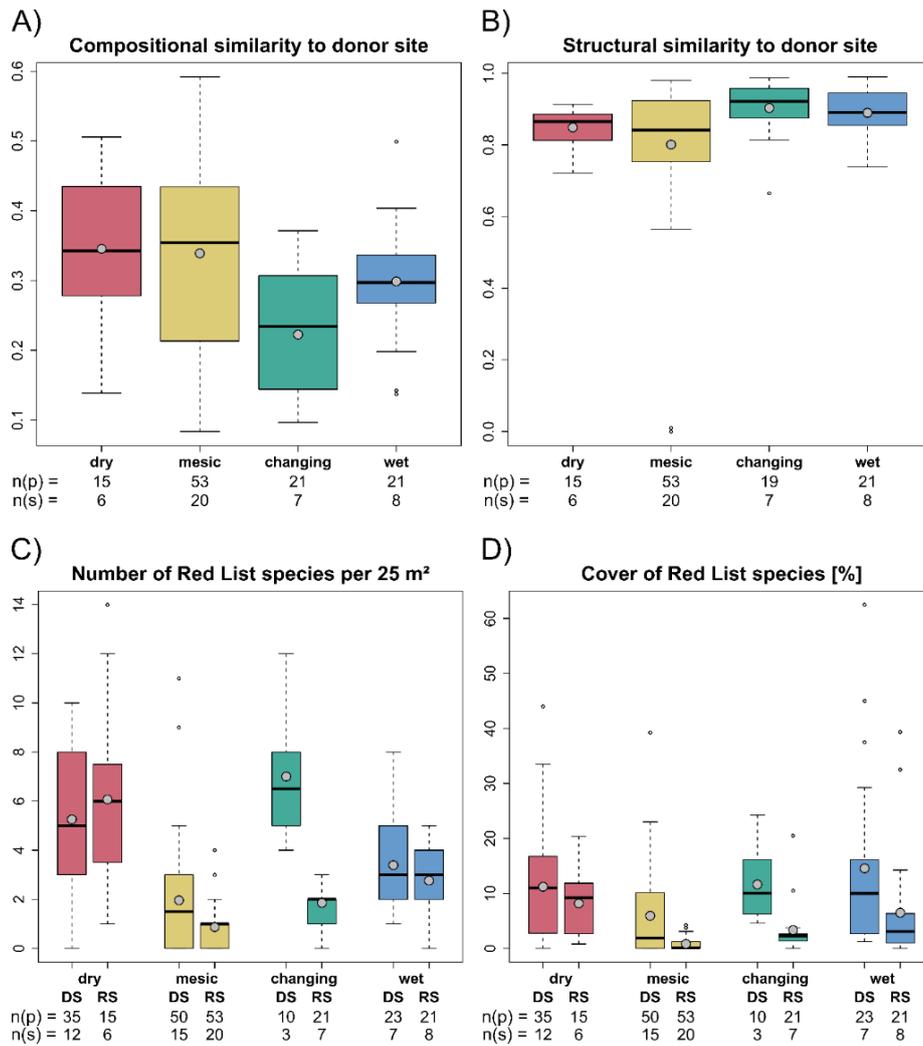


Abbildung 11: Erfolgparameter für unterschiedliche Grünlandbestände zwischen Spender- (Donor Sites DS) und Empfängerflächen (Recipient Sites RS) -Paaren. Die Grünlandbestände wurden anhand ihrer Wasserversorgung unterteilt – trockene (dry), mesische (mesic), wechselfeuchte (changing) und nasse (wet) Grünlandbestände. Erfolgparameter sind (A) die Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerflächen bezüglich ihrer Artenzusammensetzung (B) die Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerflächen bezüglich der Vegetationsstruktur, (C) die Anzahl an Rote-Liste-Arten pro Plot und (D) die Deckung von Rote-Liste-Arten. Dargestellt ist zudem die Anzahl an Plots n(p) und insgesamt untersuchten Flächen n(s). Die Boxplots basieren auf dem Plot-Level.

### **4.3 Arbeitspaket 3 – Expertenwissen**

#### *Projektziele der Praktiker und Erfolgsfaktoren*

Die befragten Praktiker gaben in recht konsistenter Weise als Hauptziel ihrer Projekte die Etablierung seltener oder regionaltypischer Pflanzenarten bzw. Pflanzengesellschaften auf den Empfängerflächen der Mahdgutübertragung an. Faunistische Schutzziele, etwa im Hinblick auf Wiesenbrüter oder Wirbellose, spielten ebenfalls eine Rolle. Je nach Kontext waren auch die Nutzbarkeit der Aufwüchse als Tierfutter oder ein schneller Bestandsschluss für effektiven Erosionsschutz bei Böschungen oder Deichen wesentliche Ziele.

Auf Ebene der Erfolgsfaktorkategorien sprachen die Praktiker am häufigsten über die Ernte und Übertragung des Mahdguts, Umweltbedingungen und die Projektorganisation (von 26, 25 bzw. 24 der 33 Praktiker thematisiert; Abbildung A). Auf Ebene der Faktoren wurden am häufigsten der positive Effekt magerer Böden auf den Empfängerflächen (19), die Wirkung der Witterungsbedingungen nach der Mahdgutübertragung (15) und das Aufbauen auf eigene Erfahrungen über die Zeit (13) erwähnt (Abbildung B).

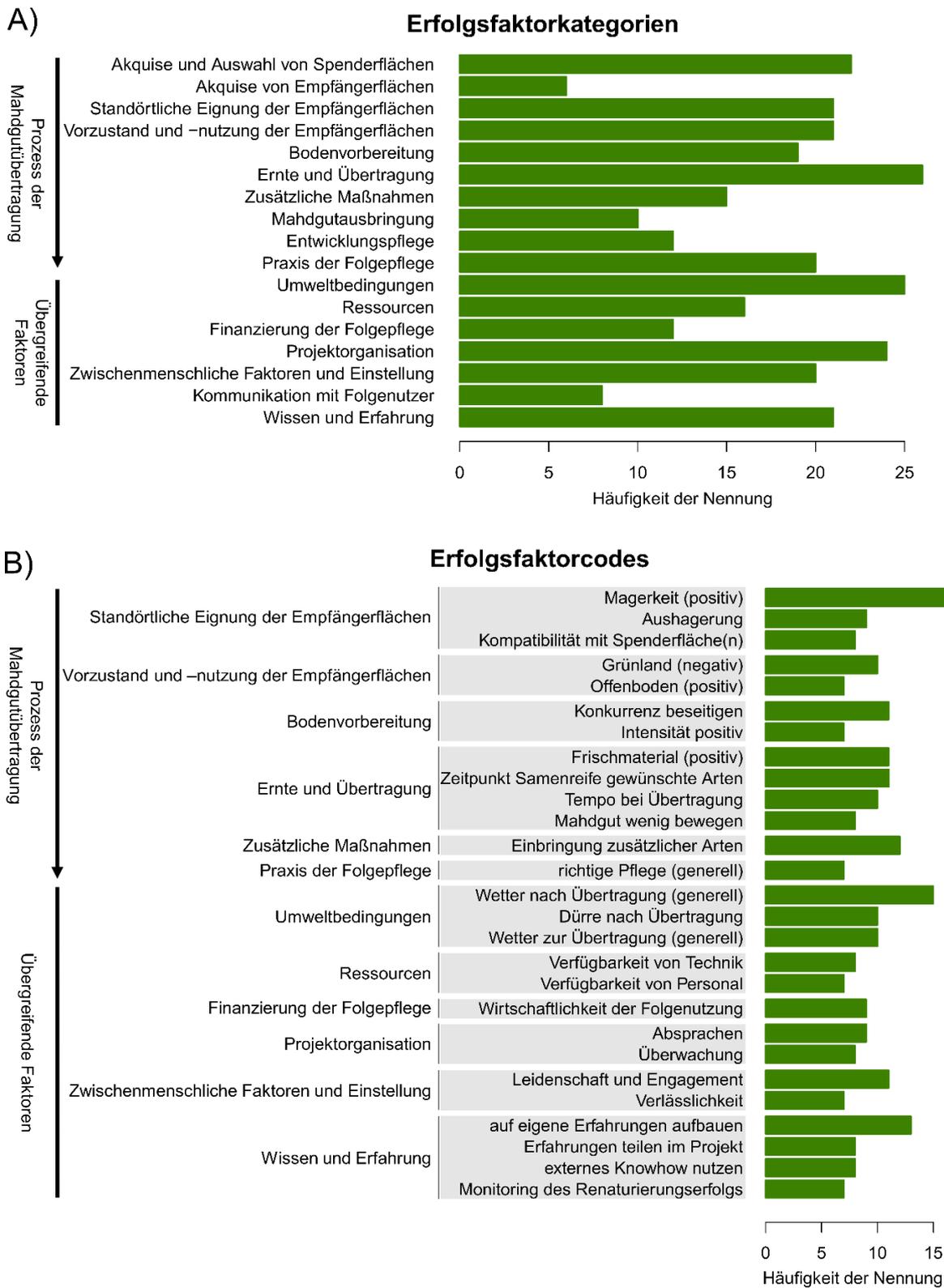


Abbildung 12: Häufigkeit der Nennung der Erfolgsfaktoren in den 33 Praktikerinterviews. Anzahl der Praktiker, welche über jede der 17 Erfolgsfaktorkategorien (A) und jeden der 27 meistgenannten Erfolgsfaktorcodes (B; zugehörige Kategorien sind rechts von den grau schattierten Codes genannt) gesprochen haben. Die auf den Renaturierungsprozess bezogenen Faktoren bzw. Kategorien sind in (A) und (B) entsprechend sortiert, die Prozessrichtung wird jeweils durch den schwarzen Peil links angezeigt. Darunter sind – ohne Reihenfolge – die Nennungshäufigkeiten der übergreifenden Erfolgsfaktoren angegeben, welche den Renaturierungsprozess als Ganzes beeinflussen. Abbildung verändert nach Sommer et al. (2023b).

### *Prozessbezogene Sicht auf Erfolgsfaktoren*

Die von den Praktikern benannten, praktisch-ökologischen Erfolgsfaktoren konnten den verschiedenen Prozessstufen der Mahdgutübertragung zugeordnet werden (Abbildung 93). Bei der Auswahl geeigneter Spenderflächen betonten viele Praktiker, dass eine hohe Qualität bezüglich des Vorkommens und der Häufigkeit der Zielarten wichtig sei. Für die Auswahl der Empfängerflächen wurde die Bedeutung geeigneter abiotischer Standortbedingungen für die Etablierung der Zielpflanzengemeinschaften hervorgehoben. Eine Lenkung dieser Bedingungen in die gewünschte Richtung, etwa durch Aushagerung, Oberbodenabtrag oder Substrataufschüttung, wurde als hilfreich angesehen. Generell sahen die Praktiker konkurrenzarme Bedingungen positiv, was zeigt, dass eine erfolgreichen Aufwertung bestehender Grünlandflächen mit einer mehr oder weniger geschlossenen Grasnarbe kritisch gesehen wurde. Zur Herstellung konkurrenzarmer Bedingungen empfahlen die meisten Praktiker eine Bodenvorbereitung auf den Empfängerflächen, etwa durch Pflügen oder Fräsen. Für die Gewinnung des Mahdguts wurde immer wieder die Wahl des richtigen Zeitpunkts angemahnt, um ein möglichst breites Spektrum reifer Samen zu ernten. Eine Ergänzung nicht oder nur wenig im Mahdgut enthaltener Arten mittels Handaussaat oder Pflanzung wurde oft empfohlen. Generell wurde die Übertragung frischen Mahdguts als vorteilhaft gegenüber der Übertragung von Heu angesehen, da der Heuwerkungsprozess unweigerlich zu Samenverlusten führt. Für die ersten Jahre nach der Mahdgutübertragung plädierten viele Praktiker für eine von der späteren Regelpflege abweichende Entwicklungspflege, um die Konkurrenzverhältnisse auf den jungen Grünlandflächen zugunsten der Zielarten zu lenken. Schröpfschnitte zur Bekämpfung schnellwachsender Ruderalarten wie *Amaranthus spec.* wurden empfohlen, teils wurden einzelne unerwünschte Pflanzen auch von Hand entfernt. Hierzu gehörten etwa Ampferarten (*Rumex spec.*) oder giftige Greiskautarten (*Senecio spec.*). Eine an den Zielbestand angepasste Regelpflege fand im Nachgang nicht immer statt, sodass viele Praktiker deren Bedeutung unterstrichen. Ein Problem stellte hierbei oft die Finanzierung dar, die durch eine Verwertung des Aufwuchses als Tierfutter oder entsprechende Subventionen sichergestellt werden musste. Zielkonflikte bei der Pflege, etwa zwischen dem Schutz von Wiesenbrütern und botanischen Entwicklungszielen, waren immer wieder eine Herausforderung.



Abbildung 9: Faktoren, welche den Erfolg der Mahdgutübertragung aus Sicht der 33 befragten Praktiker beeinflussen. Faktoren innerhalb des Pfeils lassen sich einer bestimmten Stufe des Renaturierungsprozesses zuordnen, die außerhalb platzierten Faktoren beeinflussen den Prozess als Ganzes. Abbildung verändert nach Sommer et al. (2023b).

Eine Reihe von den Praktikern benannter Erfolgsfaktoren wurde von den Autoren als „übergreifend“ eingestuft, beeinflussten also den Renaturierungsprozess als Ganzes. Hierzu gehörten Umweltereignisse wie Dürren oder Hochwässer, welche z.B. sowohl die Ernte von einer Spenderfläche als auch die gewünschte Entwicklung einer Empfängerfläche negativ beeinflussen konnten. Die Verfügbarkeit der notwendigen finanziellen, personellen und maschinellen Ressourcen wurde von einigen Praktikern als wichtiger Erfolgsfaktor benannt. Eine gute Aufgabenzuteilung und Steuerung der Arbeitsschritte bei der organisatorisch aufwändigen Methode der Mahdgutübertragung wurde verschiedentlich angemahnt. Grundsätzlich bestand ein breiter Konsens unter den Praktikern, dass eine erfolgreiche Berücksichtigung und Herstellung aller praktischen und ökologischen Bedingungen nur mit einem hohen Niveau an Vertrauen zwischen den Projektbeteiligten, guter Kommunikation, Engagement und Erfahrung verlässlich zu erreichen sei.

## 5 Diskussion

### 5.1 Arbeitspaket 1 – Langzeitentwicklung von renaturierten Stromtalwiesen am Hessischen Oberrhein

#### *Vegetationsentwicklung über die Zeit*

Einer der Hauptbefunde von Schmiede et al. (2010) war der positive Effekt der Bodenstörung auf die Etablierung von Arten aus dem Mahdgut. Wir konnten diesen Effekt 13-16 Jahre nach den Maßnahmen nicht mehr nachweisen. Die Empfehlung, grundsätzlich eine Bodenstörung vor Mahdgutübertragungen durchzuführen (z.B. Kiehl et al., 2010), können wir daher für die Stromtalwiesen am hessischen Oberrhein nur mit Blick auf den kurzfristigen Maßnahmenerfolg bestätigen. Unsere Beobachtungen decken sich mit denen von Harvolk-Schöning et al. (2020) und Heilscher (2020), die bei der ökologischen Aufwertung von bestehendem Grünland in dem Gebiet ebenfalls langfristig keinen positiven Effekt der Bodenbearbeitung mehr feststellen konnten. Dies zeigt, dass die Bodenstörung zwar wesentlich zur Etablierung von Zielarten im Initialstadium der Renaturierungsmaßnahme beitragen kann, sich der positive Effekt der Maßnahme jedoch über die Zeit abschwächt.

Die meisten Zielarten, die drei Jahre nach Mahdgutübertragung etabliert waren, blieben erfreulicherweise stabil oder nahmen in ihrer Frequenz zu. Ein besonders ermutigender Fall ist die Bastard-Schwertlilie (*Iris spuria*), die auf den Mahdgutstreifen noch nicht von Schmiede et al. (2010) gefunden werden konnte, jedoch 2021 auf zwei der Streifen in beträchtlicher Individuenzahl auftrat. Ein Grund für das Fehlen von *I. spuria* drei Jahre nach der Mahdgutübertragung könnte eine verzögerte Keimung aufgrund der harten Samenschale sein (Hölzel & Otte, 2004b). Unsere Befunde demonstrieren insgesamt, dass auch die langfristige Etablierung seltener und gefährdeter Stromtalarten auf bestehendem Grünland möglich ist.

Dennoch muss eingeräumt werden, dass viele Zielarten nicht etabliert werden konnten, z.T. trotz häufigen Vorkommens auf den Spenderflächen. Ein Flaschenhals war sicherlich die Nichterfassung über die Mahdgutgewinnung aufgrund des Erntezeitpunkts. Der Teufelsabbiss (*Succisa pratensis*) etwa wurde kaum in den Mahdgutproben von Schmiede et al. (2010) nachgewiesen. Möglicherweise erschwert der lange Reifezeitraum dieser Art die Ernte einer größeren Samenmenge, wenn nur zu einem Zeitpunkt geerntet wird (Adams, 1955). Diasporen des Kanten-Lauchs

(*Allium angulosum*) oder der Färber-Scharte (*Serratula tinctoria*) wurden in beträchtlicher Menge mit dem Mahdgut erfasst ( $\geq 56$  % der Mahdgutproben und  $\geq 10$  Diasporen je  $m^2$ ), jedoch kaum auf den Mahdgutstreifen vorgefunden. Bei beiden Arten könnte die Keimung auf der Empfängerfläche durch Faktoren wie etwa spezielle Temperaturanforderungen reduziert worden sein (Hölzel & Otte, 2004a).

#### *Vergleich der Mahdgutstreifen, des unbehandelten Grünlands und der Spenderflächen*

Die geringeren Nährstoffgehalte und weiteren C/N-Verhältnisse in den Böden der Spenderflächen gegenüber den Mahdgutstreifen und dem unbehandelten Grünland waren erwartbar (Schmiede et al., 2010) und werden durch die Unterschiede im Ertrag widerspiegelt. Viele seltene und gefährdete Pflanzenarten der Stromtalwiesen konnten durch die Mahdgutübertragung auf den Streifen etabliert werden, auch wenn die Einbringung von durchschnittlich 1,2 Zielarten je Vegetationsaufnahme gegenüber dem unbehandelten Grünland insgesamt lediglich als moderater Erfolg gewertet werden kann. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es zwischen den betrachteten Flächen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Nährstoffniveaus und dem Renaturierungserfolg gab. Insgesamt bestätigen unsere Befunde die Herausforderung, die sich mit der ökologischen Aufwertung von einmal verarmtem Grünland stellt (Kiehl et al., 2010; Harvolk-Schöning et al., 2020).

Die Mahdgutstreifen unterschieden sich hinsichtlich Ertrag und Futterwert nicht vom unbehandelten Grünland, die Renaturierung hatte also weder positive noch negative Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Aufwüchse. Da kein Eingriff in den Standort erfolgte und auch keine starke Veränderung in der Artenzusammensetzung erzielt wurde, entspricht dieser Befund den Erwartungen. Die Ertragsniveaus und -qualitäten decken sich mit zuvor beobachteten Werten für extensiv genutzte Frisch- und Feuchtwiesen (Donath et al., 2015; Tallowin & Jefferson, 1999) und ermöglichen für alle Empfängerflächen die landwirtschaftliche Futternutzung der geernteten Biomasse. Hauptsächlich wird das gewonnene Heu in der Region an Freizeitpferde verfüttert, wozu unsere beobachteten verdaulichen Energiegehalte in der Trockenmasse ( $8.3 \pm 0.3$  MJ/kg) keinen Widerspruch bilden (Donath et al., 2004). Die sehr artenreichen Spenderflächen hingegen weisen überwiegend zu geringe Erträge für eine landwirtschaftliche Verwertung auf, fünf der acht Flächen werden lediglich einmal jährlich genutzt.

### *Erfolgsfaktoren der Renaturierung*

Während die Produktivität der Mahdgutstreifen grundsätzlich wichtig für die landwirtschaftliche Nutzbarkeit ist, gab es doch erhebliche Unterschiede im Ertrag der Flächen. Die Beobachtung, dass höhere Biomasseerträge mit verringertem Renaturierungserfolg assoziiert waren, lässt sich höchstwahrscheinlich auf die Konkurrenz durch hochwüchsige Grasarten zurückführen (Honsova et al., 2007), die den eingebrachten Zielarten die Etablierung erschweren. Häufige Überflutungen bringen Nährstoffeinträge mit sich, zugleich kann eine bessere Wasserversorgung auch die Mineralisation und damit die Produktivität des Systems erhöhen (cf. Jakrlová, 1999). Häufige Überflutungsereignisse können zudem den Keimungserfolg verringern und zum Absterben von Keimlingen führen. Höhere C/N-Verhältnisse waren ebenfalls mit einem geringeren Renaturierungserfolg verbunden. Sie könnten die Etablierung von Stromtalarten insofern erleichtern, dass die Konkurrenz durch generalistische Grasarten eingedämmt wird, welche speziell an hohe und ständige N-Verfügbarkeit adaptiert sind.

### *Schlussfolgerungen*

Angesichts der Notwendigkeit beim Grünland Naturschutz und landwirtschaftliche Nutzbarkeit in Einklang zu bringen, muss die moderate Einbringung von Zielarten über das Mahdgut als Erfolg angesehen werden. Dennoch besteht bei der Auswahl geeigneter Flächen für Renaturierungsmaßnahmen am hessischen Oberrhein Optimierungspotenzial. Die Produktivität sollte ein mittleres Niveau (ca. 400 g/m<sup>2</sup> Trockenmasseertrag) nicht überschreiten, Boden-C/N-Verhältnisse und modellierte Überflutungshäufigkeiten sollten bei der Auswahl von Empfängerflächen einbezogen werden. Auch die Renaturierungsmaßnahmen selbst können optimiert werden. Über die Mahdgutübertragung hinaus ist eine Einbringung von Zielarten zu empfehlen, die nur in geringer Zahl auf der Spenderfläche vorkommen oder bei denen aufgrund von Reifezeitpunkt oder –dauer eine geringe Auffangmenge mit dem Mahdgut zu erwarten ist. Das Spektrum an übertragenen Arten kann durch die Kombination mehrerer Erntezeitpunkte oder durch die Ergänzung der Mahdgutübertragung durch handgesammeltes oder gedroschenes Samenmaterial erfolgen. So kann das typische Artenspektrum der Stromtalwiesen vollständiger etabliert werden. Grundsätzlich ist die Bedeutung eines langfristigen Monitorings von Renaturierungsprojekten in ökologischer und landwirtschaftlicher Hinsicht zu betonen. Ein Monitoring sollte

frühzeitig vorbereitet werden, etwa durch präzise Dokumentation und die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen schon bei Durchführung der Mahdgutübertragung.

## **5.2 Arbeitspaket 2 – Lebensraumübergreifende Faktoren für erfolgreiche Mahdgutübertragungsprojekte**

Die in AP 2 durchgeführten vergleichenden Untersuchungen zeigten lebensraumübergreifend deutliche Unterschiede bezüglich der Standorteigenschaften zwischen Spender- und Empfängerflächen. Besonders ausgeprägt waren diese Unterschiede bei Standorten mit vielen Wechselfeuchte anzeigenden Arten. Die Nährstoffversorgung war auf den Empfängerflächen meist deutlich höher als auf den Spenderflächen. Dies zeigt, dass auf vielen Flächen auch bei langfristiger Umstellung der Bewirtschaftung nicht die Standortbedingungen der Spenderflächen erreicht werden. Hohe Nährstoffniveaus können den Wiederherstellungserfolg im Grünland einschränken (Gough & Marrs, 1990; Pywell et al., 2007; Waldén & Lindborg, 2016), jedoch unterscheiden sich relevante Nährstoffe stark zwischen Grünlandtypen. Lediglich bezüglich der Boden-pH-Werte gab es nur geringe Unterschiede zwischen Spender- und Empfängerflächen. Bezüglich der Ellenberg-Feuchtezahlen konnten wir insbesondere Effekte auf wechselfeuchten und nassen Standorten nachweisen. So hatten auf diesen Flächen die Empfängerflächen häufiger eine niedrigere mittlere Feuchtezahl als die zugehörigen Spenderflächen. Trockenheit kann insbesondere die Keimung und Etablierung von Keimlingen auf nassen Standorten behindern. Allerdings sind die Effekte je nach Art unterschiedlich und brauchen häufig sehr lange, um sich zu manifestieren (Thiele et al., 2010). Dies könnte langfristig zu Veränderungen der Artenzusammensetzung sowohl auf Spender- als auch auf den Empfängerflächen führen, die bei der Renaturierung von Grünland nur schwer berücksichtigt werden können.

Die beschriebenen Unterschiede zwischen Spender- und Empfängerflächen bezüglich ihrer Standorteigenschaften spiegelten sich ebenfalls in der Artenzusammensetzung wieder. Zwar ist es positiv zu bewerten, dass es keine deutliche Auftrennung zwischen Spender- und Empfängerflächen bezüglich der Artenzusammensetzung gab (Abb. 10B), jedoch sind die Trends je nach Projekt und zugehöriger Spender- und Empfängerfläche sehr heterogen. Der Wiederherstellungserfolg bezüglich der Artenzusammensetzung war also je nach Lebensraumtyp, konkretem Projekt und Wasserversorgung sehr unterschiedlich. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von

Kiehl et al. (2010), dass der Renaturierungserfolg je nach Lebensraumtyp sehr unterschiedlich sein kann.

Bei Betrachtung der mittleren Ähnlichkeit zwischen Spender- und Empfängerfläche sowie der Anzahl an Rote-Liste-Arten (Abb. 11C) fällt auf, dass die Wiederherstellung auf trockenen und mesischen Standorten meist deutlich besser funktioniert hat als auf wechselfeuchten und nassen Standorten. Diese Unterschiede sind in abgeschwächter Form auch bei der Deckung an Zielarten zu sehen (Abb. 11D). Dies liegt höchstwahrscheinlich darin begründet, dass die von uns betrachteten trockenen Empfängerflächen hohe Offenbodenanteile aufwiesen. Dies begünstigt die Etablierung von Zielarten nach der Mahd- oder Rechgutübertragung durch eine hohe Anzahl an Keimungslücken und eine geringe Konkurrenz in der Etablierungsphase. Insbesondere auf wechselfeuchten und nassen Standorten ist bei vorhergehender Grünlandnutzung mit Konkurrenz, insbesondere durch hochwüchsige Gräser (Honsova et al., 2007), zu rechnen, was die Etablierung von Zielarten auch langfristig behindern kann (vgl. AP1). Dies deckt sich mit dem Befund, dass die Wiederherstellung von bestehenden Grünlandgesellschaften deutlich schwieriger ist als die Etablierung von Grünland auf ehemaligen Acker- oder Rohbodenflächen (Kiehl et al., 2010; Valkó et al., 2022). Die Unterschiede bezüglich der Art-Etablierung sind wahrscheinlich zudem die Folge zunehmender Sommertrockenheit. Diese wirkt sich scheinbar besonders auf die Etablierung von Arten auf nassen Standorten aus, während Arten trockener Standorte weniger stark betroffen sind.

Auffallend ist zudem die besonders schlechte Art-Etablierung auf Standorten mit vielen Wechselfeuchte-Zeigern. Dies deckt sich mit dem Befund, dass Lebensräume wie Stromtalwiesen besonders schwierig wiederherzustellen sind (Harvolk-Schöning et al., 2020). Es ist davon auszugehen, dass die Habitatheterogenität auf Standorten mit vielen Wechselfeuchtezeigern sehr groß ist. Dies kann bei Arten mit sehr spezifischen Standortansprüchen dazu führen, dass sie mit der Mahd- oder Rechgutübertragung nicht an einen geeigneten Klein-Standort gebracht werden und die Etablierung so trotz Vorhandenseins auf der Spenderfläche und im Mahd- oder Rechgut scheitert. Auf solchen Flächen ist gezielte Einsaat oder Anpflanzung von Zielarten als Ergänzung zur Mahd- oder Rechgutübertragung zu empfehlen.

### **5.3 Arbeitspaket 3 – Expertenwissen**

#### *Konsens zwischen Praxis und Wissenschaft*

Der Abgleich der Befunde über Erfolgsfaktoren der Mahdgutübertragung aus den Praktikerinterviews mit der wissenschaftlichen Literatur ergab einen starken Konsens bezüglich Standorteigenschaften und praktischer Aspekte bei der Durchführung der Maßnahme. So wurden z.B. die Bedeutung des Vorzustands (z.B. Harvolk-Schöning et al., 2020) und der abiotischen Bedingungen auf den Empfängerflächen (z.B. Sommer et al., 2023a) oder die Qualität der Spenderflächen (z.B. Wagner et al., 2021) für den Erfolg verschiedentlich untersucht und bestätigt. Studien zu Bodenvorbereitung (z.B. Szymura et al., 2022), Mahdguternte (z.B. Bischoff et al., 2018), zusätzlicher Arteinbringung (z.B. Hofmann et al., 2020) und Folgepflege der Empfängerflächen (z.B. Rasran et al., 2007) wurden ebenfalls durchgeführt und die Ergebnisse spiegelten sich weitgehend in den Empfehlungen und Erfahrungen der Praktiker wider.

#### *Forschungslücken*

Die übergreifenden Erfolgsfaktoren, welche oft eine soziale Komponente hatten, wurden in der wissenschaftlichen Literatur zur Mahdgutübertragung hingegen nur selten betrachtet. Lediglich in wenigen sozialökologischen Studien mit Bezug zum Feld der Renaturierung insgesamt fanden sich hierzu Untersuchungen und Befunde. So wurde die Bedeutung von guter Kommunikation und vertrauensvollen Beziehungen mit lokalen Interessengruppen für den Erfolg von Renaturierungsprojekten aufgezeigt (Metcalf et al., 2015; Strauser et al., 2020). Lokale Netzwerke mit langjährigen Erfahrungen sind in Renaturierungskontexten jenseits der Mahdgutübertragung ebenfalls als erfolgsfördernd identifiziert worden (Buitenhuis & Dieperink, 2019; McGuire & Ehlinger, 2022). Basierend auf den Erkenntnissen des vorliegenden Projekts sollte der Erfolg von Renaturierungsprojekten stärker unter Berücksichtigung solcher sozialer Faktoren untersucht werden. So können die spezifischen Erfolgsfaktoren dieser Methode identifiziert werden und zielgerichtete Praxisempfehlungen für erfolgreichere künftige Projekte abgeleitet werden. Die im Rahmen dieses Projekts erzielten Ergebnisse können hierfür einen Anfang bilden.

#### *Empfehlungen für die Praxis*

Unerfahrenen Praktikern ist zu empfehlen, Experten in ihre Projekte einzubeziehen und sich eng von ihnen beraten zu lassen, soweit dies möglich ist. Handbücher (z.B.

Harnisch et al., 2014; Hölzel, 2007) können sehr wertvolle Hilfestellungen geben, ersetzen aber nicht jahrelang erworbene Erfahrungen mit der Methode der Mahdgutübertragung. Zudem wird dort, wie auch in der wissenschaftlichen Literatur, oft wenig die hohe Bedeutung vertrauensvoller Beziehungen mit lokalen Interessengruppen („Stakeholdern“), wie etwa Behördenvertretern oder Landwirten, unterstrichen. Die Autoren empfehlen eine frühzeitige Identifizierung dieser Akteure und ein gegenseitiges Kennenlernen aller Beteiligten im Vorfeld von Projekten, um etwaigen Befürchtungen oder fehlender Akzeptanz zu begegnen und gemeinsam nach geeigneten Lösungen zu suchen. So könnte etwa einem für die Folgepflege vorgesehenen Landwirt verdeutlicht werden, dass die Entwicklung einer renaturierten Fläche bis zu einer regelhaften Nutzbarkeit Zeit in Anspruch nimmt. Um die Akzeptanz zu erhöhen, könnten Maßnahmen zu einer geeigneten Entwicklungspflege und ggf. Kompensationszahlungen vereinbart werden.

## **6 Öffentlichkeitsarbeit**

### **6.1 Webseite**

Eine Beschreibung des Projektes wurde auf der Seite der Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung der Uni Gießen platziert ([uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/ilr/loek/forschung/aktuelle\\_projekte/projekte/ze](https://uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/ilr/loek/forschung/aktuelle_projekte/projekte/ze)). Auf der Website sind relevante Publikationen in deutscher und englischer Sprache verlinkt, die im Rahmen des Projekts entstanden sind. Zudem werden die Fact Sheets dort bei Fertigstellung zur Verfügung gestellt.

### **6.2 Veröffentlichungen**

Im Januar 2023 wurde im Rahmen des AP1 ein Artikel mit dem Titel „Long-term success of floodplain meadow restoration on species-poor grassland“ in dem internationalen Fachjournal „Frontiers in Ecology and Evolution“ veröffentlicht (Sommer et al., 2023a). Eine wissenschaftliche Publikation zu AP 2 zum Thema „Success of grassland restoration along a moisture gradient“ befindet sich aktuell in der Finalisierung, ein weiteres Manuskript zum Thema „A functional view on long-term grassland restoration“ ist in Vorbereitung. Im Rahmen von AP3 wurde 2023 bei „Global Ecology and Conservation“ ein Artikel veröffentlicht (Titel „Grassland restoration with plant material transfer – bridging the knowledge gap between science and practice“; Sommer et al. 2023b).

An deutschsprachigen Veröffentlichungen befindet sich ein BfN-Skript zum Thema „Langzeitentwicklung renaturierter Stromtalwiesen am hessischen Oberrhein“ unter Begutachtung, eine deutschsprachige Publikation in der Zeitschrift „Anliegen Natur“ zum Thema „Der Erfolg von Mahdgutübertragung aus Sicht der Naturschutzpraxis“ inklusive expliziter Empfehlungen für die Praxis befindet sich aktuell in Vorbereitung.

### **6.3 Vorstellung auf Tagungen**

Das Projekt wurde auf mehreren nationalen und internationalen Fachtagungen vorgestellt. Y. Klinger präsentierte das Projekt in mehreren eingeladenen Vorträgen auf deutschsprachigen Veranstaltungen der Bayerischen Naturschutzakademie, der Naturschutzakademie Hessen und des Life Projekts Siegerlandscapes. Die Erkenntnisse aus AP1 wurden am 15.09.2022 auf der Jahreskonferenz des Giessen Graduate Centre for the Life Sciences (GGL) sowie als eingeladener Vortrag am 21.09.2022 auf der BfN-Tagung „Natura 2000 – Renaturierung und Pflege von Grünland-Lebensraumtypen“ vorgestellt. L. Sommer präsentierte die Ergebnisse aus AP3 auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie e.V. in Leipzig. Die Ergebnisse der Bachelorarbeit von F. Richter zu den Gründen für die Wahl der Mahdgutübertragung wurden als Poster auf dem Symposium „§40 des Bundesnaturschutzgesetzes im Spannungsfeld von Biodiversität und botanischem Artenschutz“ vorgestellt.

#### Liste der eingeladenen Vorträge im Rahmen des Projekts

Klinger, Y.P. (2023) Ziel erreicht? - Erfolgsfaktoren für Mahdgutübertragung aus Sicht von Praxis und Wissenschaft. *Mähgutübertragung: Flächen, Anwendung, Akteure - Fachtagung der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) in Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU)*. Augsburg. 26.-27.07.2023

Klinger, Y.P. (2023) Monitoring und langfristige Entwicklung nach Mahdgutübertragung - Erfahrungen von Rhein und Rhön. *Naturschutzakademie Hessen: Rechtliche Anforderungen und Erfahrungen mit dem Einsatz von gebietseigenem Saatgut: Wiesendrusch, Mahdgutübertragung, Spenderflächen und die Umsetzung des §40 BNatschG*. Wetzlar. 13.07.2023

Klinger, Y.P. (2023) Ziel erreicht? Der Erfolg von Mahdgutübertragung zwischen Wissenschaft und Renaturierungspraxis. *Workshop Extensivgrünland - Von traditioneller Bewirtschaftung zu wertvollen Naturschutzflächen*. Burbach. 29.-30.06.2023

Sommer, L. (2022) Langzeitentwicklung renaturierter Stromtalwiesen am hessischen Oberrhein. *Natura 2000 – Renaturierung und Pflege von Grünland-Lebensraumtypen*. Organisiert vom Bundesamt für Naturschutz (BfN). Online. 20.-21.09.2022

## Abschlussarbeiten

Im Rahmen des Projekts wurden 5 Abschlussarbeiten (3 Masterarbeiten und 2 Bachelorarbeiten) abgeschlossen.

Richter, F. (2023): Gründe für die Mahdgutübertragung in der Renaturierungspraxis - Eine qualitative Inhaltsanalyse von Experteninterviews. *Bachelorarbeit JLU Gießen*.

Flecken, S. (2022): Ertragsniveau und Futterwert renaturierter Stromtalwiesen. *Masterarbeit JLU Gießen*.

Meister, D. (2022): Untersuchung von renaturiertem Auengrünland am Hessischen Oberrhein auf Grundlage funktionaler Merkmale der Flora. *Masterarbeit JLU Gießen*.

Reuter, E. (2022): Entwickeln sechs typische Arten der Stromtalwiesen bei Niederschlagsreduktion ein "ecological stress memory"? *Masterarbeit JLU Gießen*.

Both, J. (2021): Bewertung des Erfolges eines Ex-situ/In-situ-Verfahrens bei Stromtalwiesenarten am Hessischen Oberrhein. *Bachelorarbeit JLU Gießen*.

## 6.4 Workshop

Der im Rahmen des Arbeitspaketes 3 geplante Workshop zum Thema „Mahdgutübertragung in der Renaturierungspraxis“ hat am 24. und 25.08.2023 im Naturschutzinfozentrum „Schatzinsel Kühkopf“ (Stockstadt) stattgefunden. Insgesamt hatte der Workshop mehr als 40 Teilnehmende aus Naturschutzpraxis, Wissenschaft, Behörden und der Landwirtschaft. Der Workshop begann mit eingeladenen Impulsvorträgen aus Wissenschaft, Behörden, der Renaturierungspraxis und der Landwirtschaft (Abb. 14). Zudem wurden die Ergebnisse des Projekts durch L. Sommer den Teilnehmenden präsentiert. Am Nachmittag erfolgten Diskussionen zu unterschiedlichen Aspekten der Mahdgutübertragung im Rahmen eines Weltcafé-Formats. Am 25.08. fand eine gemeinsame Exkursion zu renaturierten Grünlandbeständen am Oberrhein statt. Im Anschluss an den Workshop wurden die Präsentationen sowie die Kontaktdaten den Teilnehmenden zur Verfügung gestellt.

Programm		
<p><b>24.08.2023</b></p> <p>09:00 Uhr <b>Eintreffen und Anmeldung</b></p> <p>09:30 Uhr <b>Till Kleinebecker</b> (Universität Gießen) Begrüßung und Einführung</p> <p>09:40 Uhr <b>Kristin Ludewig</b> (Universität Hamburg) Mahdgutübertragung aus wissenschaftlicher Sicht</p> <p>10:10 Uhr <b>Detlef Mahn<sup>1</sup> &amp; Jutta Katz<sup>2</sup></b> (1 - Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG); 2 - Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV)) Mahdgutübertragung im Kontext naturschutzrechtlicher und -fachlicher Ziele (1), Projektbeispiele mit Landes(ko)finanzierung (2)</p> <p>10:50 Uhr <b>Pause</b></p>	<p><b>24.08.2023 (Fortsetzung)</b></p> <p>11:15 Uhr <b>Franz-Otto Brauner</b> (Restitutionsökologie Brauner) Neuanlage artenreicher Grünlandflächen in Rheinhessen - Gewinnung und Ausbringung von naturraumtreuem Saatgut durch das Heumulchverfahren</p> <p>11:45 Uhr <b>Werner Bonn</b> (Reitanlage Bonn) Herausforderungen für die Landwirtschaft</p> <p>12:15 Uhr <b>Leonhard Sommer</b> (Universität Gießen) Ergebnisse des Projekts „Ziel erreicht?“</p> <p>12:45 Uhr <b>Mittagsimbiss</b> (vor Ort, wird gestellt)</p> <p>13:45 Uhr <b>Yves Klinger</b> (Universität Gießen) Einführung Weltcafé (Diskussionsformat in Kleingruppen)</p>	<p><b>24.08.2023 (Fortsetzung)</b></p> <p>14:00 Uhr <b>1. Runde Weltcafé</b></p> <p>14:30 Uhr <b>2. Runde Weltcafé</b></p> <p>15:00 Uhr <b>Pause</b></p> <p>15:30 Uhr <b>Auswertung Weltcafé</b></p> <p>16:30 Uhr <b>Verabschiedung</b></p> <p>18:30 Uhr <b>gemeinsames Abendessen</b> Lokal „A la prosecco“ (Vorderstraße 11, 64589 Stockstadt am Rhein; Selbstzahlerbasis)</p> <p><b>25.08.2023</b></p> <p>09:00 – 14:00 Uhr <b>Matthias Harnisch</b> (Stadt Riedstadt) Exkursion zu Erfolgen und Herausforderungen der Stromtalwiesenrenaturierung (Treffpunkt wird noch bekanntgegeben)</p>
		

Abb. 14: Programm-Flyer des Abschlussworkshops des Projekts zum Thema „Mahdgutübertragung in der Renaturierungspraxis“ am 24.-25.08.2023.

## 6.5 Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern

Am 15.10.2020 fand die erste Besprechung zum Arbeitspaket 3 mit Bente Castro Campos (Professur für Agrar-, Ernährungs- und Umweltpolitik, JLU Gießen) statt, in der konzeptionelle Überlegungen zur Anwerbung von Interviewpartnern, zur Durchführung und späteren Auswertung der Interviews angestellt wurden. Zudem gab es einen Austausch zu geeigneter Literatur für qualitative Forschung.

Ein übergreifendes Projekttreffen der Beteiligten wurde am 27.10.2020 mit Matthias Harnisch (Stadt Riedstadt) und Bente Castro Campos (Professur für Agrar-, Ernährungs- und Umweltpolitik, JLU Gießen) sowie Ralf Schmiede (Büro für Landschaftsökologie MYOTIS) als Bearbeiter des Vorgängerprojekts für das AP1, „Grundlagen für ein Handlungskonzept zur floristischen und faunistischen Anreicherung artenarmer Auenwiesen“, durchgeführt. Darin wurde das weitere Vorgehen insbesondere im Rahmen der Arbeitspakete 1 und 3 besprochen. Eine weitere Besprechung mit Bente Castro Campos zur konkreteren Ausgestaltung der Interviewthemen und der Interviewführung fand am 10.11.2020 statt. Mit Vertreterinnen der Ökologischen Station Gülpe und der Universität Potsdam wurde am

02.03.2021 über die Anfertigung einer Masterarbeit an der Universität Potsdam gesprochen, deren Daten z.T. in die Auswertungen für das eingeflossen sind. Im Anschluss an die Interviews wurden am 15.04.2021 mit Bente Castro Campos Strategien für die weitere Auswertung im AP3 erörtert. Am 21.01.2022 fand ein Vor-Ort-Treffen im Raum Bad Hersfeld statt, um Spenderflächen sowie die Empfängerfläche einer Kalkmagerrasenrenaturierung zu besichtigen und Informationen dazu einzuholen. Im Rahmen von AP2 fanden zwischen Oktober 2021 und April 2022 weitere Austausch-Termine zur Flächenauswahl und Netzwerkbildung statt. Im Rahmen des Projekts fanden zudem regelmäßige interne Projekttreffen statt, bei denen die nächsten Schritte, aktuelle Ergebnisse und Auswertungsstrategien besprochen wurden. Mit dem Kooperationspartner Matthias Harnisch fanden während der Projektlaufzeit regelmäßige Abstimmungstermine zur Durchführung der Untersuchungen am Oberrhein statt. Zudem wurde gemeinsam an der deutschsprachigen Publikation zu AP1 gearbeitet. Der Abschlussworkshop im Projekt wurde in Kooperation mit dem Umweltbildungszentrum Schatzinsel Kühkopf durchgeführt. Beim Workshop brachten sich weitere Kooperationspartner durch Vorträge ein, die Exkursion wurde durch M. Harnisch geleitet (siehe Abb. 14). Die im Projekt generierten Forschungsdaten wurden den entsprechenden Kooperationspartnern und Genehmigungsbehörden zur Verfügung gestellt.

## 7 Fazit

Das Projekt konnte zielgerecht und erfolgreich abgeschlossen werden. Die durchgeführten Gelände-Erhebungen decken ein breites Spektrum an Renaturierungsprojekten, Lebensräumen und durchführenden Akteuren ab. Dadurch konnten wir Einblicke in lebensraumübergreifende Erfolgsfaktoren bei der Grünlandrenaturierung gewinnen. Im Rahmen der durchgeführten Interviewstudie konnte eine Vielzahl an Akteuren erreicht werden, die meisten Interviewpartner haben sich zudem aktiv an der Netzwerkbildung im Projekt beteiligt. Der Projekterfolg war vor allem durch die vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten möglich. Dies erhöht maßgeblich den Austausch zwischen Renaturierungsprojekten und unterschiedlichen Akteuren aus Naturschutz, Landwirtschaft, Behörden und der Wissenschaft und kann als Beispiel für weitere praxisnahe Forschungsprojekte zur Renaturierung dienen. Wir konnten zudem zeigen, dass Langzeitmonitoring einen wichtigen Bestandteil der Bewertung des Renaturierungserfolg darstellen sollte, da sich bei langfristiger Betrachtung sowohl der Renaturierungserfolg als auch treibende Faktoren verändern können. Dies zeigt, dass Langzeitmonitoring in Zukunft stärker bei der Förderung von Renaturierungsprojekten berücksichtigt werden sollte. Das Projekt bildet so eine maßgebliche Grundlage, um den Erfolg von Grünland-Renaturierungsprojekten in Zukunft langfristig zu erhöhen.

## 8 Literaturverzeichnis

- Adams, A. W. (1955). *Succisa Pratensis* Moench. *The Journal of Ecology*, 43(2), 709. <https://doi.org/10.2307/2257031>
- Baasch, A., Engst, K., Schmiede, R., May, K., & Tischew, S. (2016). Enhancing success in grassland restoration by adding regionally propagated target species. *Ecological Engineering*, 94, 583–591. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.062>
- Bakker, J., & Berendse, F. (1999). Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(2), 63–68. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01544-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01544-4)
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). (2017). *Transfer – Artenanreicherung im Wirtschaftsgrünland*. <https://www.lfl.bayern.de/artentransfer>
- Bischoff, A., Hoboy, S., Winter, N., & Warthemann, G. (2018). Hay and seed transfer to re-establish rare grassland species and communities: How important are date and soil preparation? *Biological Conservation*, 221, 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.033>
- Bissels, S., Donath, T. W., Hölzel, N., & Otte, A. (2005). Ephemeral wetland vegetation in irregularly flooded arable fields along the northern Upper Rhine: The importance of persistent seedbanks. *Phytocoenologia*, 35(2–3), 469–488. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2005/0035-0469>
- Buitenhuis, Y., & Dieperink, C. (2019). Governance conditions for successful ecological restoration of estuaries: Lessons from the Dutch Haringvliet case. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(11), 1990–2009. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1529556>
- Deutscher Wetterdienst. (2023). *Wetter und Klima—Deutscher Wetterdienst—Leistungen—Vieljährige Mittelwerte*. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/vielj\\_mittelwerte.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/vielj_mittelwerte.html)
- Deutsches Institut für Normung. (2000). *Handbuch der Bodenuntersuchung: Terminologie, Verfahrensvorschriften und Datenblätter - Physikalische, chemische, biologische Untersuchungsverfahren - Gesetzliche Regelwerke* (K. Furtmann, R. Horn, R. Leschber, V. Linnemann, A. Paetz, & B.-M. Wilke, Hrsg.). Wiley-VCH.
- DIN EN 15936:2012-11, *Schlamm, behandelter Bioabfall, Boden und Abfall\_- Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) mittels trockener Verbrennung; Deutsche Fassung EN\_15936:2012*. (2012). Beuth Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31030/1866720>
- DIN EN 16168:2012-11, *Schlamm, behandelter Bioabfall und Boden\_- Bestimmung des Gesamt-Stickstoffgehalts mittels trockener Verbrennung; Deutsche Fassung EN\_16168:2012*. (2012). Beuth Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31030/1866716>
- Donath, T. W., Bissels, S., Hölzel, N., & Otte, A. (2007). Large scale application of diaspore transfer with plant material in restoration practice – Impact of seed and

- microsite limitation. *Biological Conservation*, 138(1), 224–234. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.020>
- Donath, T. W., Hölzel, N., Bissels, S., & Otte, A. (2004). Perspectives for incorporating biomass from non-intensively managed temperate flood-meadows into farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3), 439–451. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.039>
- Donath, T. W., Schmiede, R., & Otte, A. (2015). Alluvial grasslands along the northern upper Rhine – nature conservation value vs. Agricultural value under non-intensive management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.004>
- Foley, W. J., McIlwee, A., Lawler, I., Aragones, L., Woolnough, A. P., & Berding, N. (1998). Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy – a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. *Oecologia*, 116(3), 293–305. <https://doi.org/10.1007/s004420050591>
- Franke, C. (2003). *Grünland an der unteren Mittelelbe: Vegetationsökologie und landwirtschaftliche Nutzbarkeit; mit ... 42 Tabellen*. Cramer in der Gebr.-Borntraeger-Verl.-Buchh.
- Funk, A., Gschöpf, C., Blaschke, A. P., Weigelhofer, G., & Reckendorfer, W. (2013). Ecological niche models for the evaluation of management options in an urban floodplain—Conservation vs. Restoration purposes. *Environmental Science & Policy*, 34, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.08.011>
- Google Earth Pro 7.3.6. (2022). [Software]. Google LLC.
- Gough, M. W., & Marrs, R. H. (1990). A comparison of soil fertility between semi-natural and agricultural plant communities: Implications for the creations of species-rich grassland on abandoned agricultural land. *Biological Conservation*, 51(2), 83–96. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(90\)90104-W](https://doi.org/10.1016/0006-3207(90)90104-W)
- Harnisch, M., Otte, A., Schmiede, R., & Donath, T. W. (2014). *Verwendung von Mahdgut zur Renaturierung von Auengrünland: 10 Tabellen*. Ulmer.
- Harvolk-Schöning, S., Michalska-Hejduk, D., Harnisch, M., Otte, A., & Donath, T. W. (2020). Floodplain meadow restoration revisited: Long-term success of large scale application of diaspore transfer with plant material in restoration practice. *Biological Conservation*, 241, 108322. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108322>
- Heilscher, C. (2020). *Determinants of long-term restoration success in floodplain meadows*. Master thesis, University of Münster, Germany.
- Hofmann, S., Conradi, T., Kiehl, K., & Albrecht, H. (2020). *Effects of different restoration treatments on long-term development of plant diversity and functional trait composition in calcareous grasslands* [PDF]. <https://doi.org/10.14471/2020.40.006>
- Hölzel, N. (Hrsg.). (2007). *Renaturierung von Stromtalwiesen am hessischen Oberrhein: Ergebnisse eines E+E-Vorhabens des Bundesamtes für Naturschutz* (1. Aufl). BfN-Schr.-Vertrieb im Landwirtschaftsverl.

- Hölzel, N., & Otte, A. (2003). Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science*, 6(2), 131–140. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2003.tb00573.x>
- Hölzel, N., & Otte, A. (2004a). Assessing soil seed bank persistence in flood-meadows: The search for reliable traits. *Journal of Vegetation Science*, 15(1), 93–100. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02241.x>
- Hölzel, N., & Otte, A. (2004b). Ecological significance of seed germination characteristics in flood-meadow species. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(1), 12–24. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00132>
- Honsova, D., Hejcman, M., Klaudivsova, M., Pavlu, V., Kocourkova, D., & Hakl, J. (2007). Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Preslia*, 79, 245–258.
- Jakrlová, J. (1999). Biomass production of floodplain grasslands. *Morava River Floodplain Meadows. DAPHNE, Centre for Applied Ecology, Bratislava*, 139–146.
- Joyce, C. B., & Wade, P. M. (1998). *European wet grasslands: Biodiversity, management and restoration*. John Wiley and Sons Ltd.
- Kiehl, K., Kirmer, A., Donath, T. W., Rasran, L., & Hölzel, N. (2010). Species introduction in restoration projects – Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 285–299. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.004>
- Kiehl, K., & Wagner, C. (2006). Effect of Hay Transfer on Long-Term Establishment of Vegetation and Grasshoppers on Former Arable Fields. *Restoration Ecology*, 14(1), 157–166. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00116.x>
- Kirchgeßner, M., & Kellner, R. J. (1982). Schätzung des energetischen Futterwertes von Grün- und Rauhfutter durch die Cellulase-Methode. *Landwirtschaftliche Forschung*, 34, 276–281.
- Kirmer, A., & Baasch, A. (Hrsg.). (2012). *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland* (1. Aufl.). Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau.
- Kleinebecker, T., Klaus, V. H., & Hölzel, N. (2011). Reducing Sample Quantity and Maintaining High Prediction Quality of Grassland Biomass Properties with near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 19(6), 495–505. <https://doi.org/10.1255/jnirs.957>
- Klotz, S., Kühn, I., & Durka, W. (2002). BIOLFLOR—eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Beltz Juventa.
- Kuntze, H., Roeschmann, G., & Schwerdtfeger, G. (Hrsg.). (1994). *Bodenkunde: 188 Tabellen* (5., neubearb. und erw. Aufl.). Ulmer.
- LANUV NRW. (2011). *Mahdgutübertragung in Nordrhein-Westfalen—Fachinformationen—Methoden*.

<https://mahdgut.naturschutzinformationen.nrw.de/mahdgut/de/fachinfo/methoden>

- Matthews, J. W., & Spyreas, G. (2010). Convergence and divergence in plant community trajectories as a framework for monitoring wetland restoration progress. *Journal of Applied Ecology*, 47(5), 1128–1136. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01862.x>
- McGuire, S. A., & Ehlinger, T. (2022). Restoration as social-ecological transformation: Emergence in the Pike River Watershed. *Journal of Great Lakes Research*, 48(6), 1505–1516. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2022.05.017>
- Metcalf, E. C., Mohr, J. J., Yung, L., Metcalf, P., & Craig, D. (2015). The role of trust in restoration success: Public engagement and temporal and spatial scale in a complex social-ecological system. *Restoration Ecology*, 23(3), 315–324. <https://doi.org/10.1111/rec.12188>
- NRC National Research Council (Hrsg.). (1999). *Nutrient requirements of horses* (5., rev. ed., 11. pr). National Academy Press.
- Otte, A., Breuer, L., Maier, N., Kraft, P., Gattringer, J. P., Harvolk-Schöning, S., & Donath, T. W. (2018). *DBU - Entwicklung eines räumlich-expliziten Prognosesystems für die ökologische Bewertung von Überflutungsereignissen in Auenlebensräumen* | Projektdatenbank. [https://www.dbu.de/projekt\\_31612/01\\_db\\_2409.html](https://www.dbu.de/projekt_31612/01_db_2409.html)
- Provalis Research. (o. J.). *QDA Miner Lite. Version 2.0.8*.
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Tallowin, J. B., Walker, K. J., Warman, E. A., & Masters, G. (2007). Enhancing diversity of species-poor grasslands: An experimental assessment of multiple constraints. *Journal of Applied Ecology*, 44(1), 81–94. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01260.x>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rasran, L., Vogt, K., & Jensen, K. (2007). Effects of topsoil removal, seed transfer with plant material and moderate grazing on restoration of riparian fen grasslands. *Applied Vegetation Science*, 10(3), 451–460. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2007.tb00444.x>
- Schmiede, R., Donath, T. W., & Otte, A. (2009). Seed bank development after the restoration of alluvial grassland via transfer of seed-containing plant material. *Biological Conservation*, 142(2), 404–413. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.001>
- Schmiede, R., Handke, K., Harnisch, M., Donath, T. W., & Otte, A. (2010). *Endbericht: Grundlagen für ein Handlungskonzept zur floristischen und faunistischen Anreicherung artenarmer Auenwiesen*. <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-23329.pdf>
- Schmiede, R., Otte, A., & Donath, T. W. (2012). Enhancing plant biodiversity in species-poor grassland through plant material transfer—The impact of sward disturbance. *Applied Vegetation Science*, 15(2), 290–298. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2011.01168.x>

- Smith, R. S., Shiel, R. S., Bardgett, R. D., Millward, D., Corkhill, P., Evans, P., Quirk, H., Hobbs, P. J., & Kometa, S. T. (2008). Long-term change in vegetation and soil microbial communities during the phased restoration of traditional meadow grassland. *Journal of Applied Ecology*, *45*(2), 670–679. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01425.x>
- Sommer, L., Klinger, Y. P., Donath, T. W., Kleinebecker, T., & Harvolk-Schöning, S. (2023a). Long-term success of floodplain meadow restoration on species-poor grassland. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *10*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2022.1061484>
- Sommer, L., Castro Campos, B., Harvolk-Schöning, S., Donath, T. W., Kleinebecker, T., & Klinger, Y. P. (2023b). Grassland restoration with plant material transfer – bridging the knowledge gap between science and practice. *Global Ecology and Conservation*, *47*, e02638. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02638>
- Strauser, J., Stewart, W. P., Benson, T. J., & van Riper, C. J. (2020). Information Sharing Among Park Professionals Facilitating Ecological Restoration. *Journal of Park and Recreation Administration*, *38*(4), 39–57. <https://doi.org/10.18666/JPra-2020-10147>
- Szymura, M., Świerszcz, S., & Szymura, T. H. (2022). Restoration of ecologically valuable grassland on sites degraded by invasive *Solidago*: Lessons from a 6-year experiment. *Land Degradation & Development*, *33*(12), 1985–1998. <https://doi.org/10.1002/ldr.4278>
- Tallowin, J. R. B., & Jefferson, R. G. (1999). Hay production from lowland semi-natural grasslands: A review of implications for livestock systems. *Grass and Forage Science*, *54*(2), Article 2.
- Thiele, J., Kollmann, J., Markussen, B., & Otte, A. (2010). Impact assessment revisited: Improving the theoretical basis for management of invasive alien species. *Biological Invasions*, *12*(7), 2025–2035. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9605-2>
- Valkó, O., Rádai, Z., & Deák, B. (2022). Hay transfer is a nature-based and sustainable solution for restoring grassland biodiversity. *Journal of Environmental Management*, *311*, 114816. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114816>
- van der Maarel, E. (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, *39*(2), 97–114. <https://doi.org/10.1007/BF00052021>
- Wagner, M., Hulmes, S., Hulmes, L., Redhead, J. W., Nowakowski, M., & Pywell, R. F. (2021). Green hay transfer for grassland restoration: Species capture and establishment. *Restoration Ecology*, *29*. <https://doi.org/10.1111/rec.13259>
- Waldén, E., & Lindborg, R. (2016). Long Term Positive Effect of Grassland Restoration on Plant Diversity—Success or Not? *PLOS ONE*, *11*(5), e0155836. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155836>

## 9 Anhang

Tabelle A1: Pflanzenarten, welche im Arbeitspaket 1 als Zielarten definiert wurden, mit ihrem zugehörigen Status in der Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands (Metzing et al. 2018).  
\* - ungefährdet; V – Vorwarnliste; 3 – gefährdet; 2 – stark gefährdet.

Zielart	Rote- Liste-Status
<i>Allium angulosum</i>	3
<i>Arabis hirsuta</i>	V
<i>Arabis nemorensis</i>	2
<i>Betonica officinalis</i>	V
<i>Bromus erectus</i>	*
<i>Bromus racemosus</i>	3
<i>Bupleurum falcatum</i>	V
<i>Carex panicea</i>	V
<i>Carex praecox s. str.</i>	V
<i>Carex tomentosa</i>	3
<i>Cirsium tuberosum</i>	3
<i>Dipsacus laciniatus</i>	*
<i>Galium boreale</i>	V
<i>Genista tinctoria</i>	V
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	2
<i>Hippocrepis comosa</i>	V
<i>Inula britannica</i>	V
<i>Inula salicina</i>	V
<i>Iris sibirica</i>	3
<i>Iris spuria</i>	2
<i>Juncus alpinoarticulatus</i>	V
<i>Lathyrus palustris</i>	3
<i>Linum catharticum</i>	*
<i>Lotus maritimus</i>	3
<i>Lotus tenuis</i>	V
<i>Melampyrum cristatum</i>	3
<i>Molinia caerulea s. str.</i>	*
<i>Peucedanum officinale</i>	3
<i>Pimpinella saxifraga</i>	*
<i>Potentilla erecta</i>	*
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	*
<i>Sanguisorba minor s. l.</i>	*
<i>Sanguisorba officinalis</i>	V
<i>Scutellaria hastifolia</i>	2
<i>Selinum carvifolia</i>	V
<i>Selinum dubium</i>	2
<i>Senecio aquaticus s. str.</i>	V
<i>Serratula tinctoria subsp. tinctoria</i>	3
<i>Silaum silaus</i>	V
<i>Succisa pratensis</i>	V
<i>Thalictrum flavum</i>	V
<i>Valeriana pratensis s. l.</i>	*
<i>Veronica maritima</i>	V
<i>Viola elatior</i>	2
<i>Viola pumila</i>	2
<i>Viola stagnina</i>	2