



RLP AgroScience

Die Schäfer
Bundesverband Berufsschäfer e.V.



Abschlussbericht

Vernetzung verinselter Biotope [Biodiversitätstaxis 2.0]

Laufzeit: 10.03.2016 – 30.09.2018

Entwicklungsprogramm "Umweltmaßnahmen, Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft, Ernährung" (EULLE)

CCI Nr.: 2014DE06RDRP017

Europäische Innovationspartnerschaft Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit (EIP Agri)

Projektbearbeitung:

RLP AgroScience, Institut für Agrarökologie (IfA)

Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße

www.ifa.agroscience.de

Dr. MATTHIAS TRAPP, CHRISTIAN KOTREMBÄ, KLAUS ULLRICH, KATRIN MAGIN, MARK DEUBERT

Gliederung

A Kurzdarstellung	2
I. Ausgangssituation und Bedarf.....	2
II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung	2
III. Mitglieder der OG.....	5
IV. Projektgebiet.....	5
V. Projektlaufzeit und -dauer	6
VI. Budget	7
VII. Ablauf des Vorhabens	7
VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse.....	8
B Eingehende Darstellung	9
I. Verwendung der Zuwendung.....	9
II. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn	9
a) Ausgangssituation	9
b) Projektaufgabenstellung und Methodik	13
III. Ergebnisse der OG	22
IV. Ergebnisse des Innovationsprojektes.....	23
a) Zielerreichung (wurde eine Innovation im Projekt generiert?).....	23
b) Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen	38
c) Projektverlauf (Fotodokumentation)	39
d) Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP Zielen.....	51
e) Nebenergebnisse.....	52
f) Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	52
V. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis	52
VI. (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse	58
VII. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit.....	58
VIII. Wo relevant: Nutzung Innovationsdienstleister (IDL)	59
IX. Kommunikations- und Disseminationskonzept.....	59
Quellen	61

Abschlussbericht der Operationellen Gruppe „Vernetzung verinselter Biotope“

A Kurzdarstellung

I. Ausgangssituation und Bedarf

Die Schafhaltung kann ohne ausreichende Flächenausstattung, gesicherte Triebwege und angemessene wirtschaftliche Anerkennung ihrer Leistungen nicht überleben. Das Forschungsprojekt befasst sich daher mit der geodatenbasierten Ermittlung von Potentialflächen zur Schafbeweidung und der Erfassung eines Triebwegenetzplans unter Nutzung von Routing-Algorithmen in Geografischen Informationssystemen (GIS) mit dem Ziel optimaler Erreichbarkeiten von Beweidungsflächen. Durch hochauflösende Geodaten im Untersuchungsgebiet Westeifel lassen sich potenzielle Weideflächen und Triebwege ermitteln und potentielle Hindernisse bzw. Erschwernisse lokalisieren. Hierbei werden neueste GIS-Techniken und Fernerkundungsmethoden eingesetzt.

Neben positiven wirtschaftlichen Faktoren wird die Biodiversität durch die Vernetzung verinselter Biotope gefördert. Schafe fungieren als Biodiversitätstaxis, indem sie Diasporen und Kleinstlebewesen durch ihre Wanderungen mitttransportieren. Pflanzen und kleine Tiere haben so bessere Überlebenschancen und sind gegen klimawandelbedingte Änderungen besser gewappnet. Der Schäfer in seiner neuen Gestalt als agrarökologischer Dienstleister verbindet mit wissenschaftlicher Unterstützung wichtige ökologisch wertvolle Habitats miteinander. Dabei werden bisher unerkannte Trittsteinflächen und Verbindungslinien genutzt. Die Flächen sollen langfristig eingebunden werden, was Natur und Schäferei nutzt.

II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung

Projektziel

Das Ziel des Forschungsvorhabens war es, die wirtschaftliche Grundlage der Schäfereien zu verbessern. Dazu sollte zunächst die Flächenausstattung und das Triebwegenetz stabilisiert und verbessert werden. Daneben ging es im Projekt darum, nachweisbare gesellschaftliche Leistungen durch Schafbeweidung belastbar zu erfassen und darzustellen. Es galt, Grundlagen zu erarbeiten, um Artenvielfalt und die Vernetzung verinselter Biotope durch Schafbeweidung zu ermöglichen und zu verbessern sowie die Erarbeitung einer wissenschaftlichen Datengrundlage zur Bewertung möglicher positiver Effekte der Wanderschäferei.

Der Biotopverbund oder die Biotopvernetzung ist die Schaffung eines Netzes von (Einzel-) Biotopen, welche das Überleben bestimmter Arten gewährleisten soll. Der Biotopverbund ist dann gegeben, wenn ein funktionaler Kontakt zwischen Biotopen (Lebensräumen) besteht, der eine Vernetzung zwischen Populationen von Organismen in Form von Beziehungssystemen ermöglicht. Er funktioniert dann, wenn die zwischen gleichartigen Lebensräumen liegende Fläche für Organismen überwindbar ist, so dass ein beidseitiger Individuenaustausch möglich ist. Der Biotopverbund definiert sich also über seine Wirksamkeit auf ausgewählte Zielarten. Streng genommen werden nicht Biotope vernetzt, sondern Populationen. Der Biotopverbund muss also je nach Biologie der betrachteten Art unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Für mobile Arten, insbesondere flugfähige oder solche mit

flugfähigen Lebensstadien (v.a. Vögel, die meisten Insekten, Pflanzen mit windverbreiteten Samen) wird ein Verbund meist über sog. Trittsteinbiotop angestrebt. Für immobile, bodengebundene Arten (z. B. viele Säugetiere oder Pflanzen) wird ein Biotopverbund über Biotopkorridore angestrebt, d.h. linienhafte Strukturen, die die zu verbindenden Zielbiotop physisch miteinander verbinden. Eine besondere Bedeutung bei der Biotopvernetzung haben Linienbiotop in der Ackerlandschaft. Zu den Linienbiotopen zählen Ackerrandstreifen, Raine, Lesesteinwälle, Böschungen, Wege und Straßenränder, Hecken, Alleen und Fließgewässer. Linienbiotop tragen besonders in einer stark ausgeräumten Landschaft mit geringem oder fehlendem Wald- und Grünlandanteil zur Mannigfaltigkeit und Vernetzung der inselartigen Biotop bei. Durch einen Biotopverbund haben Pflanzen und kleine Tiere eine bessere Chance sich an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen und zu überleben.

Ein mobiles Biotopverbundsystem stellt der Schaftrieb dar. An Fell, Klauen und im Kot „reisen“ Samen und Sporen, Spinnen, Käfer, Heuschrecken, Schnecken bis hin zu Reptilien „per Anhalter“ mit. Somit vernetzt die Hüteschäferei Lebensräume miteinander und stellt den Individuenaustausch zwischen ihnen sicher. Hierdurch können Isolationseffekte der heute stark fragmentierten Landschaft vermindert und klimawandelbedingte Biodiversitätsverluste verringert werden, vgl. FISCHER et al. 1995 oder BEINLICH & PLACHTER 2010.

In der heutigen Zeit sind vor allem im alltäglichen Schäferetrieb geklärte Triebwegeverhältnisse eine wichtige Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf des Arbeitsalltags. Nach OPPERMANN et al. 2004 gehört die Triebwegesituation zu den dringlichsten Problemen der Schäferbetriebe. Durch den rapiden Wandel in Landnutzung und Landbewirtschaftungsformen verlieren Wanderschäferereien ihre wichtigen Weideflächen. Die Zersiedlung der Landschaft schreitet unaufhaltsam fort. Die Bewirtschaftungseinheiten werden schnell immer größer. Oft gelingt es einem Schäfer nicht mehr, den Nutzer dieser Flächen zu ermitteln. Häufig kommen sie von weiter weg und schicken nur einen Lohnunternehmer zum Bearbeiten. Absprachen über Nachnutzung von Ackerflächen oder Winterbegrünung werden immer schwieriger. Die Schlagkraft der Maschinen ist explosionsartig gestiegen. Riesige Stoppelfelder können in einer Nacht verschwunden sein. Das führt immer häufiger bspw. auch nahezu komplett verbuschte (Verbuschungsanteil >90%) Standorte, da hier eine Bewirtschaftung aus wirtschaftlicher Sicht (unzureichende Futtermenge) nicht rentabel ist. Zur Beurteilung der Potentialflächen wurde eine Multikriterienanalyse mittels AHP durchgeführt. Der Analytic Hierarchy Process (AHP) (vgl. SAATY 1990) ist eine Methode aus der präskriptiven Entscheidungstheorie zur Entscheidungshilfe ähnlich einer Nutzwertanalyse, um komplexe Entscheidungen zu vereinfachen und rationaler zu treffen. Der AHP bildet ein systematisches Verfahren, um Entscheidungsprozesse zu strukturieren und zu lösen. Er vergleicht die vorab mit den beteiligten Schäfern definierten Kriterien zur Beweidung paarweise untereinander auf einer Skala von 1 (gleich bedeutend) bis 9 (absolut dominierend). Jede Potentialfläche erhält so am Ende der Analyse einen Faktorwert zur Beweideeignung, je höher dieser ist, desto besser eignet sich die Fläche zur Schafbeweidung.

Aufgabenstellung

Ermittlung und Klassifizierung von Potentialflächen

Die Detektion von potentiellen neuen Beweidungsflächen dient neben einer Verbesserung der wirtschaftlichen Situation der Schäfer auch dazu, die Vernetzung von verinselten Biotopen zu

verbessern und somit zu einer Biodiversitätsförderung beizutragen, um dem Verlust an Grünlandbiotoptypen entgegen zu wirken. Die im GIS (Geoinformationssystem) erfassten Potentialflächen sollen hinsichtlich ihrer Weideeignung klassifiziert werden. Hierzu wurden zum Beginn potentiell beweidbare Kulturarten nach InVeKos (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem) und ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) für das UG (Untersuchungsgebiet) „Westefel“ selektiert. Der Gesamtpool an potentiellen Beweidungsflächen wurde anschließend sukzessive über restriktive Verschneidungen im GIS verkleinert. Mithilfe von zonalen räumlichen Statistiken wurden schließlich rasterbasierte Informationen auf die potentiellen Beweidungsgeometrien übertragen. Die Flächen erhalten hierdurch eine größere Anzahl an wichtigen Informationen zu Geländestruktur (Hangneigung, Exposition, topographische Bodenfeuchte, topographische Einstrahlung, Hanglage, usw.), Vegetation (Grad an Verbuschung, Wuchshöhe, Nutzungsintensität, NDVI Normalisierter Differenzvegetationsindex, usw.) sowie Nachbarschaftsinformationen (Nähe zu Schutzgebieten, Nähe zu Verkehrswegen, Isolationsgrad, usw.).

Differenzierung von Intensiv- und Extensivgrünland durch Methoden des Maschinellen Lernens

In einem ersten Verfahren wurden potentielle Beweidungsflächen über sog. „Machine Learning“ Verfahren (vgl. Random Forest nach BREIMAN 2001) detektiert. Unter potentiellen Beweidungsflächen sind „extensiv genutztes“ sowie „semi-extensiv genutztes“ Grünland zu verstehen. Mit dem Algorithmus soll Intensivgrünland erkannt und exkludiert werden. Intensivgrünland eignet sich, wenn überhaupt nur, falls durch den jeweiligen Eigentümer gewünscht, zur Nachweide im Winter und wird daher nicht als „potentielle Beweidungsfläche“ in dieser Studie erfasst. Eine Klassifizierung in Intensiv- und Extensivgrünland setzt eine detaillierte Kenntnis der Charakteristika beider Nutzungsarten voraus. Über Maschinelles Lernen können bei adäquater Menge an Trainingsdaten der beiden Nutzungstypen charakteristische Merkmale erkannt werden. Im Anschluss wird das erlernte Wissen auf andere unbekannte Standorte übertragen. Hierdurch lassen sich auch fremde Flächen in eine der beiden Nutzungsarten bzw. in eine Übergangsklasse klassifizieren.

Multikriterienanalyse zur Bewertung der Potentialflächen

Die ermittelten Potentialflächen (extensiv bzw. semi-extensiv genutztes Grünland) sind hinsichtlich ihrer Weideeignung ungleich bedeutsam. Für eine Beweidung sind beispielsweise Trockenstandorte mit hohem Verbuschungsanteil vorrangig. Da hier neben Futter für die Schafe eine Pflege der Offenlandbiotope (Reduzierung Sukzession) durchgeführt wird. Besonders geeignet sind zudem Flächen in Naturschutzgebieten oder im Bereich von §30-Biotopen, welche durch Beweidung positiv beeinflusst werden können. Für Schafbeweidung weniger gut geeignet sind bspw. Flächen, welche sich in unmittelbarer Nähe zu größeren Verkehrswegen oder in ausgeprägten Feuchtbiotopen (bspw. verstärkter Befall der Schafe durch Klauenfäule, Leberegel) befinden. Weitere Negativstandorte sind bspw. auch nahezu komplett verbuschte (Verbuschungsanteil >90%) Standorte, da hier eine Bewirtschaftung aus wirtschaftlicher Sicht (unzureichende Futtermenge) nicht rentabel ist. Zur Beurteilung der Potentialflächen wurde eine Multikriterienanalyse mittels AHP durchgeführt. Der Analytic Hierarchy Process (AHP) (vgl. SAATY 1990) ist eine Methode aus der präskriptiven Entscheidungstheorie zur Entscheidungshilfe ähnlich einer Nutzwertanalyse, um komplexe Entscheidungen zu vereinfachen und rationaler zu treffen. Der AHP bildet ein systematisches Verfahren, um Entscheidungsprozesse zu strukturieren und zu lösen. Er vergleicht die vorab mit den beteiligten Schäfern definierten Kriterien zur Beweidung paarweise untereinander auf einer Skala von 1 (gleich bedeutend) bis 9 (absolut dominierend). Jede Potentialfläche erhält so am Ende der

Analyse einen Faktorwert zur Beweidung, je höher dieser ist, desto besser eignet sich die Fläche zur Schafbeweidung.

Triebwegeermittlung mittels GIS-Routing

Eine weitere wichtige Aufgabenstellung war die Simulation von Triebwegen. Den Wanderschäfern sollten neue Triebwege vorgeblendet werden, welche mittels GIS-basierten Routings ermittelt werden. Die herkömmlichen Wanderrouten sollen hierdurch optimiert werden. Neben einer kürzeren Distanz zwischen den Standorten sollen neue potentielle Weideflächen in das Routing eingebunden werden. Das Routing erfolgt vektordatenbasiert auf Grundlage des Wege- und Straßennetzes aus dem Amtlichen Topographisch-kartographischen Informationssystem (ATKIS). Ziel des Routings ist es Hauptverkehrsstraßen und Siedlungen zu umgehen, weshalb diese Bereiche mit Kostenfaktoren im Routing belegt werden. Als wichtigste Wanderrouten fungieren Wald- und Feldwege. Die Methodik ähnelt der eines üblichen Navigationssystems, indem jeweils die kürzeste Route zwischen chronologisch aufgelisteten Weidestandorten berechnet wird.

Diasporenerfassung im Schaffell sowie (Labor-)Analyse

Neben den geodatenbasierten Methoden war Aufgabe der Studie, Schafe hinsichtlich des Diasporntansports zu beproben und analysieren. Dies erfolgte durch Erfassung von Diasporen auf bzw. im Fell von Schafen durch Absuchen der Wolle in regelmäßigen Abständen zur Beschreibung der vorkommenden Samenarten und Samenmengen. Durch begleitende Dokumentation der Vor-Ort-Vegetation können Rückschlüsse auf vorkommende Pflanzenarten und deren Aufnahme durch Schafe sowie Abschätzungen zu Transportstrecken durchgeführt werden.

III. Mitglieder der OG

Konsortiumsleitung:

RLP AgroScience GmbH – Institut für Agrarökologie (IfA), Abteilung Umweltsysteme, Dr. MATTHIAS TRAPP, CHRISTIAN KOTREMBÄ, KLAUS ULLRICH, MARK DEUBERT

Mitglieder der OG:

Bundesverband Berufsschäfer e.V. (BVBS), GÜNTHER CZERKUS

Schäferei Czerkus (Czerkus), GÜNTHER & BIRGIT CZERKUS

Unterauftragnehmer:

Universität Regensburg (UR), Lehrstuhl für Ökologie und Naturschutzbiologie, Institut für Botanik, Prof. Dr. PETER POSCHLOD

IV. Projektgebiet

Das Projektgebiet, im Bericht auch Untersuchungsgebiet (UG) genannt, mit 3587.55 km² liegt im rheinland-pfälzischen Teil der Eifel und schließt die Landkreise Bitburg-Prüm und Vulkaneifel sowie Teile der Landkreise Bernkastel-Wittlich, Cochem-Zell und Trier-Saarburg ein. Im Westen grenzt das Untersuchungsgebiet an Luxemburg und Belgien, im Norden an Nordrhein-Westfalen und im Süden reicht es bis an die Mosel (vgl. Abb. 1 & Abb. 2).

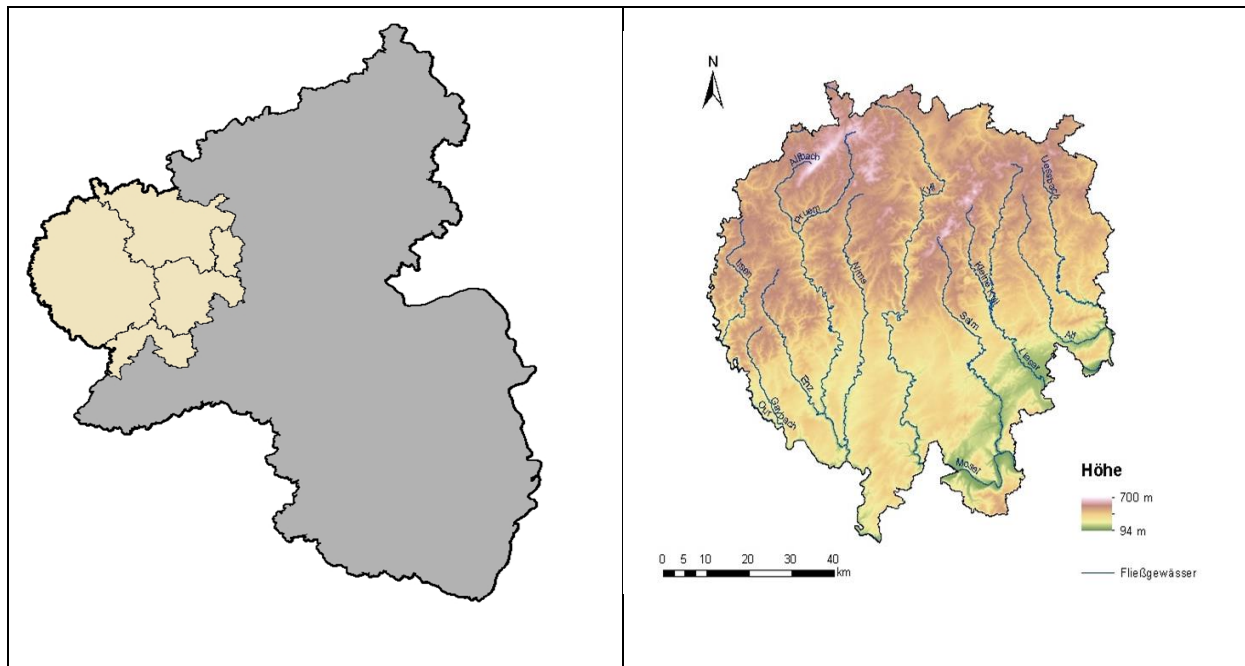


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in Rheinland-Pfalz (RLP)

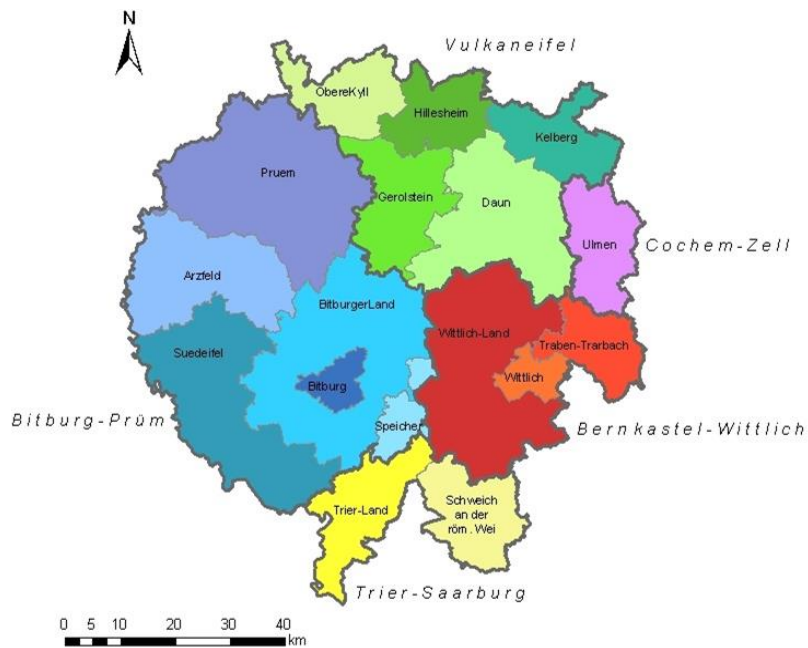


Abb. 2: Landkreise und Verbandsgemeinden im UG

V. Projektlaufzeit und -dauer

Projektlaufzeit: 10.03.2016 bis einschließlich 30.09.2018

VI. Budget

Das Gesamtbudget betrug 331.336€. Die Höhe der Zuwendung des Landes betrug 290.300 €. Eine detaillierte Kostenaufstellung ist im Antrag in den Tabellen ausgeführt und hier in Abb. 3 dargestellt.

	Bezeichnung	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	Gesamt
Ausgaben	Laufende Ausgaben der OG (M 16.1)	7.675.00 €	14.400.00 €	7.675.00 €	0.00 €	29.750.00 €
	Ausgaben der Operationellen Gruppe (OG) zur Durchführung des Innovationsvorhabens (M 16.2)	71.132.85 €	154.597.33 €	75.883.79 €	0.00 €	301.613.97 €
	Gesamtausgaben der OG (brutto)	78.807.85 €	168.997.33 €	83.558.79 €	0.00 €	331.363.97 €
	Gesamtausgaben der OG (netto)	78.364.57 €	164.924.79 €	83.558.79 €	0.00 €	326.848.15 €
	Umsatzsteuer für die Ausgaben	443.28 €	4.072.54 €	0.00 €	0.00 €	4.515.82 €
Eigenmittel	Bare Eigenmittel (u. a. aufgenommene Kredite)	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
	Sachleistungen/Eigenleistungen	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
	Private Fremdmittel (Spenden, Sponsoring,...)	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Zuwendungen	Öffentliche Fremdmittel	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
	davon für nicht ELER-förderfähige Ausgaben	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
	Zuwendungen des Landes/ELER	137.350.00 €	113.650.00 €	39.300.00 €		290.300.00 €
	davon für ELER-zuwendungsfähige Ausgaben	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
SUMME		78.807.85 €	168.997.33 €	83.558.79 €	0.00 €	331.363.97 €

Abb. 3: Übersicht Kosten- und Finanzierungsplan

VII. Ablauf des Vorhabens

Das Gesamtvorhaben wurde in verschiedene einzelne Arbeitspakete und Arbeitsschritte gegliedert, die den Ablauf des Vorhabens vorgegeben haben:

- Aufbau einer Geodatenbank: Einbindung und Analyse hochauflösender Geodaten zur Ermittlung der aktuellen Landbedeckung und der Verteilung von Habitaten / Bestimmung der Weide-Eignung von Flächen (bspw. Verbuschungsgrad, Nutzungsintensität, Vernässungsgrad, Barrieren, Weideattraktivität, Futterqualität & Futtermenge, Isolationsgrad, Landschaftsmaße, Relief, Nachbarschaftskriterien)
- GIS-basierte Simulation eines optimierten Triebwegenetzes / Vor-Ort-Validierung
- Biotopkartierung und floristische Beschreibung des ökologischen Zustands der erfassten Flächen
- Organismen & Diasporenerfassung Vor-Ort sowie (Labor-)Analyse: Erfassung von Diasporen zur Beschreibung der vorkommenden Samenarten und Samenmengen / Dokumentation der Vor-Ort-Vegetation / Entnahme von Vor-Ort-Kotproben > Ordnung und Identifikation der gesammelten Diasporen und Aufkeimen der im Kot transportierten Samen im Labor > Durchführung / Betreuung durch Prof. Dr. PETER POSCHLOD und Mitarbeiter*innen (Institut für Botanik, Universität Regensburg)
- Öffentlichkeitsarbeit und Aufbau einer Kommunikationsinfrastruktur: „Schäfer dürfen das!“. Konzeptentwicklung zur Bürgerbeteiligung (Web-Apps, Story-Maps), Informationsveranstaltungen und kommunale Kontakte, Erstellung einer Homepage & Flyer

Eine genaue Aufstellung der einzelnen Arbeitspakete und Meilensteine wurde im Antrag bereits in Tabellenform eingereicht (vgl.

Tab. 7 und Kapitel B. IV. c).

VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse

Das vorliegende Projekt konnte für das Projektgebiet in der Westeifel tragfähige Antworten auf wichtige Fragestellungen von Wanderschäfern finden. Die heutige Landwirtschaft führt aufgrund des Strukturwandels zu einem starken Rückgang von Weideflächen, die aufgrund des hohen Fragmentierungsgrades und des dichten Verkehrsnetzes nur noch schwer für Wanderschäfer zu erreichen sind. U.a. dadurch hat sich in den letzten Jahren die wirtschaftliche Situation der Wanderschäfer zunehmend verschlechtert.

Mithilfe von Methoden des Maschinellen Lernens konnten neue Weidepotentiale ermittelt und im GIS bewertet werden. Insgesamt wurden 33.418 Potentialflächen in 3 Klassen klassifiziert. Der für Beweidung wichtigste Nutzungstyp „Extensivgrünland“ konnte auf 4.258 Standorten mit einer hohen Sicherheit von bis zu 75% klassifiziert werden. Flächen dieser Klasse zeigten zudem in allen Validierungen eine Wahrscheinlichkeit von über 90%, als Weideflächen geeignet zu sein. Semi-Extensivgrünland wurde auf 3.506 Potentialflächen klassifiziert. 25.654 Flächen wurden über den Klassifikator als Intensivgrünland eingestuft. Mithilfe einer Multikriterienanalyse (AHP) konnten die Weidepotentiale zusätzlich hinsichtlich ihrer Beweidbarkeit bewertet werden. Sämtlichen Standorten wurde zudem eine Fülle von charakterisierenden Zusatzinformationen hinterlegt, welche den Schäfern wichtige Informationen über die jeweiligen Standortgegebenheiten liefern.

Ziel der Studie war zudem eine optimale Erreichbarkeit der neuen Potentialflächen bzw. eine Verbesserung der Triebwegesituation aktueller Weideflächen zu erzielen. Hierzu wurden im GIS verschiedene Methoden getestet. Neben rasterbasierten Routingansätzen unter Nutzung von Landbedeckungsklassifikationen wurden vektorbasierte Ansätze simuliert. Unter Nutzung eines vektorbasierten Verkehrsnetzes (ATKIS) wird bei diesem Ansatz, ähnlich zu üblichen Navigationssystemen, die kürzeste Route über Distanzberechnungen simuliert. Die Simulationen zeigten sehr positive Ergebnisse, so konnten bspw. bisherige Wanderrouten der Schäfer logistisch optimiert, Alternativrouten ausgewiesen und Routen zu neuen Weidepotentialen detektiert werden.

Die begleitenden Diasporenerfassungen konnten wichtige Erkenntnisse zur Transportfähigkeit des Schaffells erbringen und damit einen ökologischen Nutzen der Wanderschäferie (durch Landschaften) belegen, wonach bis zu 2 Millionen Samen in einer Vegetationsperiode aus 226 Tagen in einer Herde aus 500 Schafen vertragen werden können. Dabei machen Pflanzenarten aus der Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*) den Hauptanteil der transportierten Samen aus, wobei Lämmer insgesamt mehr Samen und mehr Pflanzenarten im Fell transportierten. In längerer Wolle bleiben mehr Samen und mehr Arten haften als in kurzer Wolle. Vom Zeitpunkt her erweist sich der September als der Monat, in dem die meisten Samen im Fell gefunden wurden.

So konnten 3 der dringlichsten Fragestellungen von Wanderschäfern beantwortet werden:

1) Wo finden sich neue Weidepotentiale?

2) Wie können diese logistisch optimal erreicht und untereinander vernetzt werden?

3) Wie hoch und effizient ist der Diasporetransport durch Schafe?

Mithilfe der geodatenbasierten Analysen konnte ein valider Datensatz zur Ausweisung und Bewertung potentieller Weideflächen generiert werden. Hiermit steht (v.a. den Schäfern der Region) ein Werkzeug zur Verfügung, welches auch interaktiv genutzt werden kann, da die Ergebnisse auf der Projekthomepage mithilfe interaktiver WebMaps verfügbar sind. Diese können auch als Planungstools fungieren und z.B. die Suche nach neuen Weideflächen erleichtern, zudem erhalten die Schäfer wichtige Informationen zu den Standorten und können sich vor Sichtung der Flächen über diese informieren und über Suchmasken Flächen nach bestimmten Kriterien selektieren.

Die entwickelte Methode gewährleistet bei gegebener Datenverfügbarkeit durch die einheitliche Nutzung von Geodatenstandards und der weitgehenden Automatisierung der Verarbeitungsprozesse eine deutschlandweite Übertragbarkeit.

Der Lohn für die Mühen ist hoch: Die ökonomische Situation der Schäfer verbessert sich. Gepflegte, artenreiche Flächen ernähren nicht nur Schafe sondern zeigen auch einen einzigartigen Blühaspekt in der Landschaft – eine win-win-win-Situation. Auch durch die begleitende konnten die Ergebnisse sichtbar gemacht und verteilt werden, wodurch insbesondere ein Beitrag zum Lückenschluss zwischen Wissenschaft und Praxis geleistet werden konnte.

B Eingehende Darstellung

I. Verwendung der Zuwendung

Die wichtigsten Positionen umfassen die jeweiligen Personalkosten sowie die Investitionen des Berufsschäfers Czerkus. Zum Nachweis der Verwendung der Zuwendung verweisen wir an dieser Stelle auf die bereits eingereichten umfangreichen Dokumentationen (Personalkosten mit Stundennachweisen und Rechnungskopien aller geleisteten Investitionen). Das Gesamtvorhaben wurde bereits durch Mitarbeiter der ADD geprüft. Sofern benötigt, können die Unterlagen bei der RLP AgroScience eingesehen werden.

II. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn

a) Ausgangssituation

Fast alle in ihrer Existenz bedrohten, ökologisch besonders wertvollen Flächen sind ursprünglich durch menschliche Nutzung entstanden und damit Kulturlandschaft. Ohne weitere Nutzung werden sie verschwinden. Durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft haben extensiv wirtschaftende Betriebe immer weniger Überlebenschancen, was insbesondere auf Schäfereien zutrifft. Ein wichtiges Ziel des Projektes ist daher die geodatenbasierte Erfassung und Bewertung neuer potentieller Beweidungsflächen auf extensiv- bzw. semi-extensiv genutztem Grünland in der Westeifel. Die geodatenbasierten Analysen sollen schließlich zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Wanderschäferei durch eine ausreichende Flächenausstattung und gesicherte Triebwege beitragen. Der Flächenpool für die Schäferei vergrößert sich hierdurch, damit auch die Agrarförderung, ggf. auch das Einkommen über Pflegeentgelte. Parallel dazu sollen die neu erfassten Flächen als Trittsteinbiotope zu einer Vernetzung verinselter Biotope beitragen. Die Schafe fungieren hierbei als Biodiversitätstaxis, indem sie Samen und Kleinstlebewesen auf extensiven bzw. semi-

extensiven Grünlandflächen aufnehmen und auf benachbarten Grünlandstandorten abgeben. Hierdurch wird die Biodiversität gefördert und damit einer Verarmung durch Intensivierung der Landwirtschaft, Flächenaufgabe wirtschaftlich unrentabler Standorte, klimawandelinduzierten Biodiversitätsverlusten sowie weiteren biodiversitätsmindernden Faktoren entgegen gewirkt.

Grünland – Begriffserklärung

Der Begriff „**Grünland**“ wird nachfolgend definiert, da er innerhalb der Studie einen zentralen Stellenwert besitzt: Grünland umfasst nach ökologischen Kriterien alle dauerhaften Pflanzengesellschaften aus Kräutern und Gräsern, die natürlich oder durch Nutzung des Menschen entstanden sind. Hierzu zählen gedüngte und ungedüngte Wiesen und Weiden zur Futtergewinnung, Mähwiesen zur Biomasse- und Einstreugewinnung sowie Naturschutzflächen wie Feuchtgrünland, Magerrasen und Streuobstwiesen. Grünlandstandorte werden neben der nutzungsbedingten Schnitthäufigkeit, dem Schnittzeitpunkt und der Düngung auch von den lokalen Standortverhältnissen wie Geologie, Morphologie, Klima, Boden, Wasserhaushalt sowie der vorhandenen Samenbank im Boden geprägt.

Extensivgrünland, also Wiesen und Weiden mit einer geringen Nutzungsintensität, weist meist artenreichere Grünlandgesellschaften (z.B. sog. Kalkmagerrasen) auf. Auf **Intensivgrünland** werden Wiesen und Weiden hingegen mit einer hohen Intensität genutzt (d.h. hohe Schnitthäufigkeit und/oder hohe Düngergaben). Hier entwickeln sich daher meist Pflanzengesellschaften mit einer artenarmen Zusammensetzung (z.B. sog. Weidelgras-Weißklee-Wiese/Weide). Man kann vereinfacht sagen, dass „je intensiver eine Fläche genutzt wird, desto geringer ist die Artenvielfalt auf dieser“.

Ohne menschliche Nutzung stellt sich in i.d.R. eine **Verbuschung** der Fläche und im späteren Verlauf eine Wiederbewaldung ein. In Deutschland sowie in **Rheinland-Pfalz** (RLP) hat sich die **Grünlandfläche** in den letzten Jahren **deutlich verringert**. In RLP ging sie von 249.000 ha in 2003 auf 231.000 ha in 2012 zurück. Der Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche, für die Direktbezahlungen bezogen werden, sank damit von 37,2 % in 2003 auf 35,5 % in 2012. Somit sind 4,7% Grünland in diesem kurzen Zeitraum verloren gegangen (vgl. BfN 2014).

Neben dem Begriff „Grünland“ wird häufig der Begriff „**Dauergrünland**“ verwendet. Beides ist nicht unbedingt identisch, da Dauergrünland ein Begriff aus der Landwirtschaft ist: „Dauergrünland umfasst Flächen, die durch Einsaat oder durch Selbstaussaat zum Anbau von Gräsern oder anderen Grünfütterpflanzen genutzt und mindestens fünf Jahre nicht als Acker genutzt werden“ (vgl. BfN 2014). In dieser Studie wird der Begriff „Dauergrünland“ synonym für den Begriff „Grünland“ verwendet und beinhaltet alle als „Dauergrünland“ nach InVeKos (integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem für die gemeinschaftlichen Beihilferegulungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durch die EU) aufgeführten Kulturarten, sowie sonstige dem Grünland nahe stehenden Flächen, wie z.B. Weinbergbrachen, Dämme und Deiche, Säume sowie nach ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) ausgewiesene Brachflächen und Streuobstwiesen, welche sich für Schafbeweidungen besonders eignen.

Für die Studie war die Selektion von zur Schafbeweidung geeignetem „**Extensivgrünland**“ essentieller Bestandteil.

Gefährdung von Offenlandbiotoptypen - aktuelle Entwicklungstendenzen

Auf Grünland kommen über die Hälfte der ca. 3.600 in Deutschland heimischen Farn- und Blütenpflanzenarten vor. Davon werden über 1.000 Arten im engeren Sinne als Grünlandarten bezeichnet, die vorwiegend bzw. ausschließlich auf Grünlandstandorten wachsen. Darunter sind viele hundert gefährdete Arten. Von den über 45.000 Tierarten besiedeln 70-80% Offenlandbiotope und sind somit vom Grünland und dessen Vegetation abhängig (vgl. GEROWITT et al. 2013). Die Aufführung zeigt den enormen Stellenwert des Grünlandes für die Artenvielfalt in Deutschland.

Vor dem Hintergrund einer Intensivierung der Landwirtschaft und der bereits stattfindenden und zu erwartenden Klimaänderungen stehen hochwertige Biotope vor größeren Problemen. Insbesondere hat sich die Situation für viele Offenlandbiotope verschlechtert. Im Vergleich zu anderen Biotoptypen-Hauptgruppen zeigen sich **Offenlandbiotoptypen** als die am langfristig **gefährdetsten Biotoptypen** (siehe **Abb. 4**).

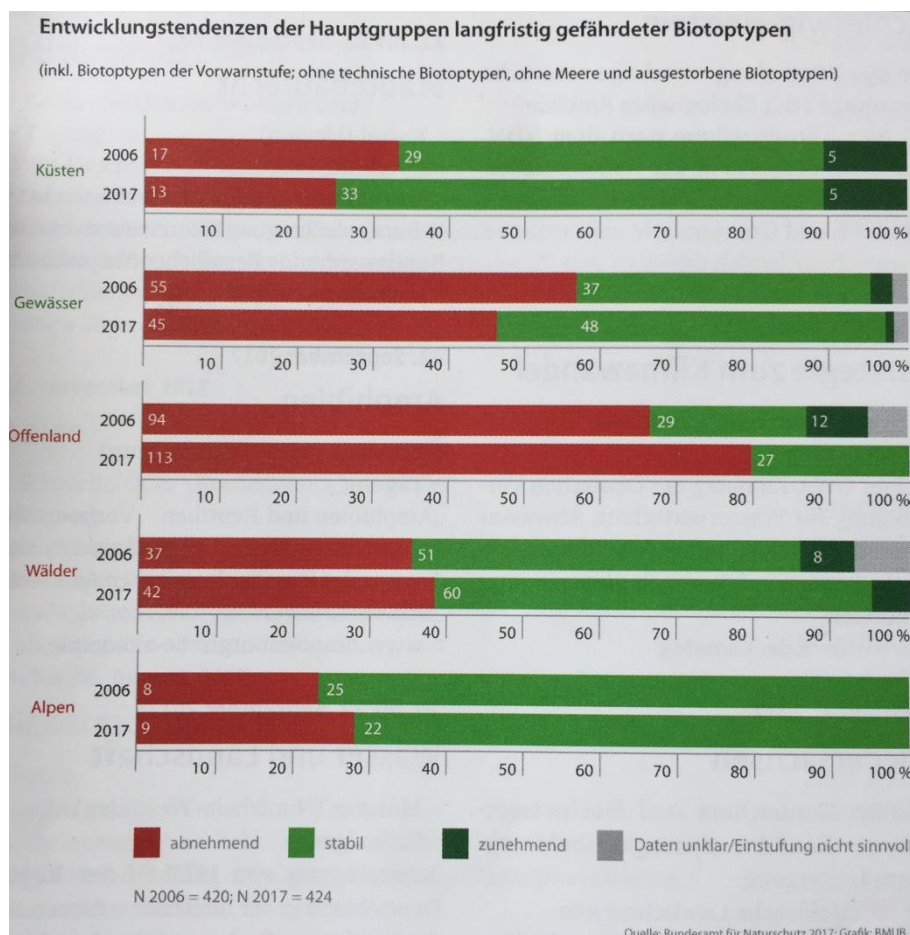


Abb. 4: Entwicklungstendenzen der Hauptgruppen gefährdeter Biotoptypen Küsten, Gewässer, Offenland, Wälder und Alpen im Vergleich 2006 und 2017; ohne Meere, ausgestorbene und technische Biotoptypen

Insbesondere sind im Offenland Grünlandbiotoptypen **bedroht**, die von einer **extensiven landwirtschaftlichen Nutzung** abhängen. 2006 konnte zumindest für 20 der 71 Grünlandbiotoptypen eine stabile bzw. zunehmende Entwicklung konstatiert werden, 2017 galt dies nur noch für 6 Biotoptypen des Grünlands. Laut der aktuellen Gefährdungseinschätzung der Roten Listen aus 2017

weisen **78% der eher feuchten (z.B. artenreiches Feuchtgrünland)** und ca. **85% der eher trockenen Grünlandbiotopen (z.B. viele Halbtrocken- und Trockenrasen)** eine **Gefährdung** aus. Mehr als ein Viertel dieser trockenen Grünlandbiotopen (**27%, 14 von 52**) mussten der höchsten **Rote-Listen-Kategorie** zugeordnet werden und sind „**akut von vollständiger Vernichtung**“ bedroht“ (siehe Abb. 5). Gründe hierfür liegen insbesondere in einer Intensivierung der Landwirtschaft und gleichzeitiger Nutzungsaufgabe wenig wirtschaftlicher Standorte (vgl. BMU & BfN 2017).

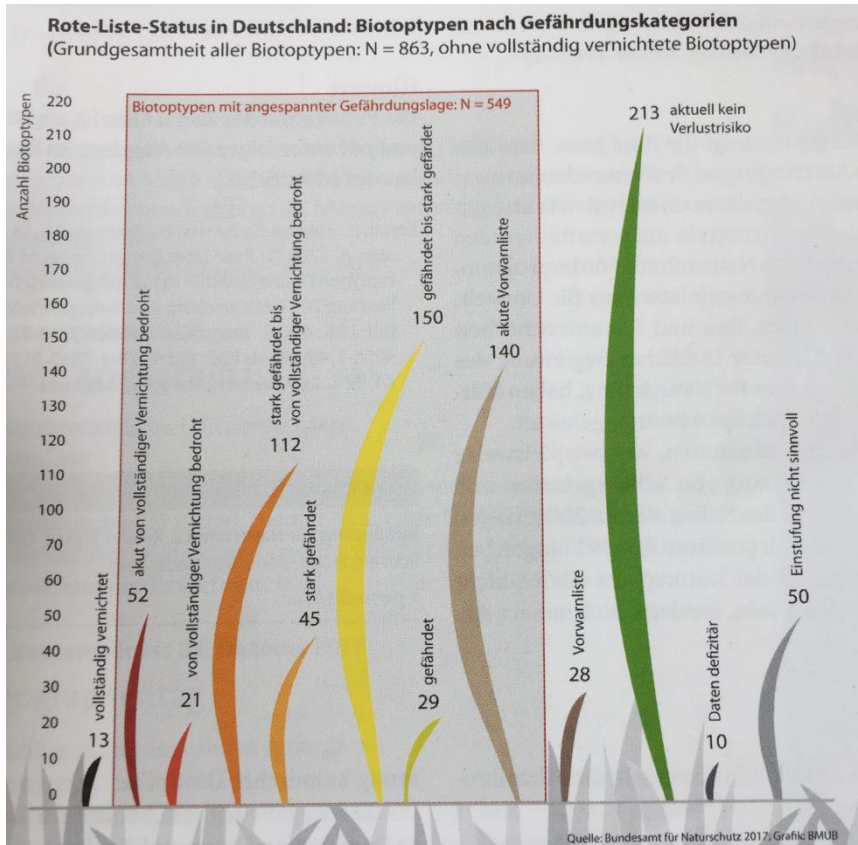


Abb. 5: aktuelle Entwicklungstendenzen der Grünlandbiotope 2006 und 2017 – Überblick über die Gesamtheit der Grünland-Biotypen, zugeordnet zu den aktuellen Entwicklungstendenzen

Klimawandelinduzierter Biodiversitätsrückgang

Diese Entwicklung wird zusätzlich durch den stattfindenden **Klimawandel** verschärft. Schaut man sich die Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler Ebene an, so haben sich die klimatischen Verhältnisse in Rheinland-Pfalz in den letzten 130 Jahren deutlich verändert. Infolge der globalen Erwärmung haben sich die räumlichen und zeitlichen Vorkommen der mitteleuropäischen Großwetterlagen hin zu häufigeren Westwetterlagen geändert. Dies führte u.a. zu einem Anstieg der mittleren Jahresdurchschnittstemperatur von 1881 bis 2010 um 1,3 °C, wobei die Zunahme im Sommer und Winter auf gleichem Niveau liegt. Vor allem in den letzten beiden Jahrzehnten ist eine deutliche Erhöhung zu erkennen. Seit Beginn der Wetteraufzeichnung in Rheinland-Pfalz im Jahre 1881 gehören allein 18 Jahre zwischen 1989 und 2012 zu den 20 wärmsten Jahren des betrachteten Zeitraums. Bei der Niederschlagssumme ist für das Gesamtjahr ein positiver Trend von +11,1 % in den vergangenen 130 Jahren zu verzeichnen. Die häufigeren Westwindwetterlagen führten zu einem

Anstieg der mittleren Niederschläge im Winter, vor allem in den Mittelgebirgslagen Eifel, Hunsrück und Pfälzerwald. Insbesondere der Frühling (+16,1 %) und der Winter (+28,6 %) sind nahezu im ganzen Bundesland deutlich feuchter geworden. Dagegen zeigt sich im Sommer eine leicht fallende Tendenz (-3,4 %) der mittleren Niederschlagssumme (MULEWF 2013). Insgesamt haben sich die Zeiten ohne Niederschlag im Sommer verlängert. Bei allen Unsicherheiten über das künftige Ausmaß der Veränderungen der Temperatur und des regionalen Niederschlags werden sich die beobachteten Trends nach den vorliegenden regionalen Klimaprojektionen auch künftig fortsetzen.

Durch den Klimawandel verändern sich zahlreiche Biotope so, dass sie vermutlich einen Teil ihres heutigen Artenbestands verlieren werden. Da das Verbreitungsgebiet fast aller Arten gut nachweisbar mit klimatischen Faktoren korreliert, wird sich das Gesamtareal vieler Arten verschieben. Sie verlieren mehr oder weniger große Teile ihres bisherigen Verbreitungsgebiets. Der Klimawandel wird als eine der Hauptursachen für den Verlust von Biodiversität angesehen.

Klimaparameter wie Temperatur und Niederschlag bestimmen neben anderen physikalischen, chemischen und biologischen Umweltfaktoren das Vorkommen und die Verbreitung von Arten. Jede Art hat ihren eigenen factorspezifischen Toleranzbereich, der teils enger, teils breiter gefasst ist. Ändern sich diese Parameter, bspw. klimabedingt, hat dies Auswirkungen auf die Lebensprozesse und das Vorkommen der Arten und somit auf die Biodiversität. Sehr deutlich sind bspw. phänologische Auswirkungen des Klimawandels. Hierunter versteht man die periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungsprozesse von Pflanzen und Tieren. Durch den Temperaturanstieg sind nicht heimische, an Hitze und Trockenheit angepasste Arten vermehrt in Deutschland anzutreffen. Diese so genannten Neobiota können heimische Arten verdrängen. Auch die in Deutschland heimischen Arten verändern ihre Verbreitungsareale. Migration kann in kühlere Gebiete, z.B. in größere Höhenlagen, stattfinden, wenn sie denn überhaupt möglich ist. Einige Arten sind weniger mobil als andere, häufig ist die Migration durch anthropogene Fragmentierung der Landschaft eingeschränkt. Tier- und Pflanzenarten, denen es deshalb nicht möglich ist, entlang der klimatischen Veränderungen zu wandern, sind besonders bedroht. Der Klimawandel stellt des Weiteren eine große Gefahr für solche Arten dar, die auf bestimmte Nahrungsangebote oder Umweltbedingungen angewiesen sind, sog. Spezialisten. Tragisch werden diese Faktoren, wenn die verinselten Flächen sehr klein sind. Dann kommt eine zusätzliche Bedrohung durch zu große genetische Enge zum Tragen. (vgl. http://www.climate-service-center.de/012152/index_0012152.html.de).

Neben klimatischen Veränderungen spielen Veränderungen der Habitate z.B. durch Landnutzung und Fragmentierung, invasive Arten, Übernutzung, aber auch Nutzungsaufgabe und Verschmutzung der Ökosysteme weitere wichtige Rollen.

b) Projektaufgabenstellung und Methodik

Die Aufgabenstellung im Projekt war deshalb die **geodatenbasierte Erfassung zusätzlicher Weidepotentiale**, die Charakterisierung dieser Flächen mit wichtigen Zusatzinformationen, die Klassifizierung des **Grünlandes nach Nutzungsintensität** mit Methoden des **Maschinellen Lernens** sowie die Entwicklung und Durchführen eines GIS-basiertes **Triebwege-Routings**, um die gefundenen Flächen durch die Wanderschäfer optimal zu vernetzen. Um also ein entspanntes Ziehen mit den Schafen, die unkomplizierte Suche nach neuen, gut geeigneten Weideflächen und einen optimalen Samenaustausch zu ermöglichen, war ein Ziel des Projekts, eine Datenbank für die Schäfer

zu entwickeln, die sowohl die Bedürfnisse der Natur als auch der Schäfer berücksichtigt. Um den Wert der Schäferei für die **Ausbreitung von Pflanzensamen** (Diasporentransport) und damit die Verbindung fragmentierter Habitats besser einschätzen zu können, wurden folgende zwei Versuchsreihen durchgeführt: Ersteres Experiment hatte vor allem das Ziel, zu erfahren, wie schnell die Samen welcher Arten auf das Fell eines Schafes gelangen. Das zweite Experiment untersuchte gegenteiliges. Hier wurden eingefärbte Samen auf Schafe aufgebracht und überwacht über welchen Zeitraum diese in der Wolle haften bleiben. Denn mit dem Wissen über die Haftdauer von Samen wird es möglich, maximale Ausbreitungsdistanzen von Pflanzen mit Hilfe der „Biodiversitätstaxis“ Schafe abschätzen zu können. Bei beiden Versuchen waren die Morphologie, das Gewicht und die Oberfläche der Samen von Bedeutung. Dabei wurden die Parameter Wollstruktur, Größe und Alter der jeweiligen Schafe berücksichtigt. Auch Vegetationsstudien wurden durchgeführt, um die Unterschiede im Pflanzenaufwuchs mit aufnehmen zu können. In einem letzten Teil wurden Befragungen mit den Schäfern zu den verschiedensten Themen, insbesondere zu traditionellen und aktuellen Nutzungspraktiken sowie zu aktuellen Problemen der Schafhaltung geführt. Dazu wurde ein entsprechender Fragebogen entwickelt.

Potentialflächenbestimmung

Unter Potentialflächen sind Flächen zu verstehen, welche sich aufgrund ihrer Eigenschaften für eine Beweidung durch Schafe eignen. Im Allgemeinen werden Sommer- von Winterweideflächen unterschieden. Eine Sommerbeweidung findet generell auf extensiv genutztem Grünland statt. Die Winterbeweidung findet neben extensiv genutztem Grünland teils auch aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen auf Intensivgrünland als Zwischenweide statt. In dieser Arbeit wurden mittels Maschinellem Lernen Intensivgrünland, Extensivgrünland und Semi-Extensivgrünland unterschieden. Zu Beginn der Studie wurden beweidbare Kulturarten aus InVeKoS 2016 und ALKIS 2016 ausgewählt.

Als Mindestgröße zur Beweidung wurden 0.5ha definiert. Aufgrund der teils vorliegenden Feinparzellierung der Flurstücke wurden diese zu größeren zusammenhängenden Geometrieinheiten zusammengefasst und anschließend hinsichtlich des Kriteriums der Mindestgröße beurteilt. Flächen <0.5ha wurden aus dem Datensatz entfernt. Im Anschluss folgte eine selektive Auswahl der Einzelgeometrien unter Berücksichtigung der zuvor erstellten Geometriekomplexe. Überlappende Flächen werden übernommen, nicht überlappende Bereiche werden ausgefiltert. Der Datensatz beinhaltet nun sowohl Flächen > als auch <0.5 ha. Flächen <0.5 ha allerdings nur dann, wenn sie und ihre umgebenden Flurstücksgeometrien als Geometriekomplex die Mindestgröße von 0,5 ha überschreiten.

An die ausgewählten Weidepotentiale wurden folgende Zusatzinformationen angebunden, die für die weitere Umsetzung mit den Methoden des machine learnings benötigt werden:

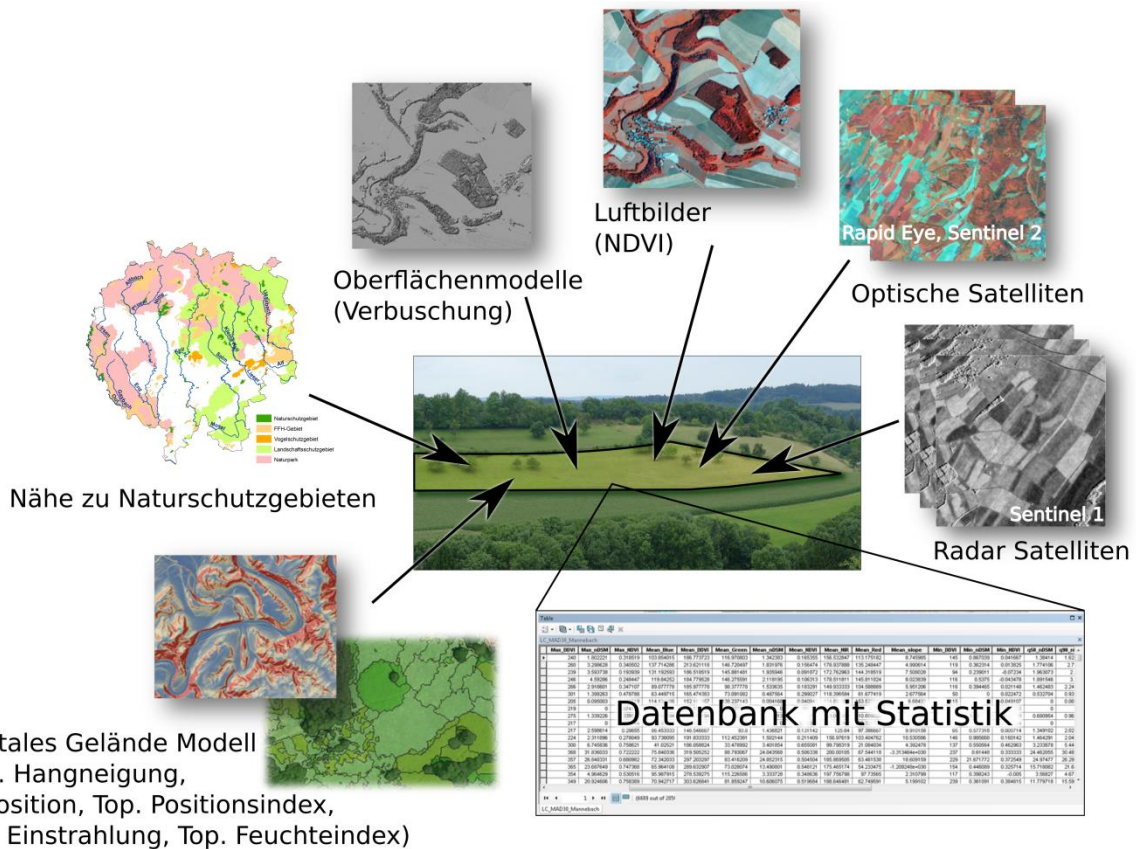


Abb. 6: Anbindung von Standortinformationen im GIS

Mittels einer DGM-basierten Reliefanalyse konnten hilfreiche Geländeinformationen gewonnen werden, welche im Anschluss mittels einer zonalen Statistik im GIS an die Weidepotentiale angebunden wurden. Die Standorte verfügen über statistische Kenngrößen, wie Mittelwert, Minimum, Maximum und Standardabweichung der Reliefparameter. Als Reliefparameter wurden die Höhe über NN, Hangneigung, Exposition, topographische potentielle Sonneneinstrahlung, topographische Bodenfeuchte, topographische Hangposition, Verebnungsindex (MRVBF) und Hangkuppenindex (MRRTI) an die Potentialflächen angebunden. Aus den hochauflösenden Luftbildinformationen wurde ein NDVI (Normalized Vegetation Index) errechnet. Aus den Oberflächendaten des nDOM wurden Vegetationshöhen und der Verbuschungsgrad ermittelt und attribuiert. Zudem wurden weitere Informationen (Biotopkataster, Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete, weitere Schutzgebietstypen, Isolationsgrad, Nähe zu Verkehrsstraßen, Anbindungspotentiale) als Nachbarschafts-(Distanz)abfragen an die Flächen angebunden. Jeder einzelne Standort verfügt so über eine große Bandbreite nützlicher Standortinformationen.



Abb. 7: Exemplarische Weidepotentiale mit Zusatzinformationen als Geodatenbankabfrage

Maschinelles Lernen zur Klassifizierung des Grünlandes nach Nutzungsintensität

Eine der Hauptaufgaben des Projektes stellte die Suche neuer Weidepotentiale für die beteiligten Schäfer dar. Modernste wissenschaftliche Methoden wie Maschinelles Lernen bieten zum Auffinden dieser neuen Flächen die Lösung. Dabei lernt ein künstliches System anhand von Beispielen (Trainingsdaten) Muster zu erkennen, die anschließend auf unbekannte Daten angewendet werden können. Wichtiger Bestandteil zur maschinellen Detektion neuer Beweidungspotentiale stellen daher die Menge und Güte der einfließenden Trainingsdaten dar. Als Trainingsdaten fungierten eigene durch Kartierfahrten erhobene Daten, aktuelle Weideflächen der im Projekt beteiligten Schäfer und Grünlandflächen im Bereich besonders schutzwürdiger Biotope. In mehreren mehrtägigen Kartierfahrten wurden flächendeckend für das gesamte Untersuchungsgebiet Grünlandstandorte kartiert und basierend auf typischen Zeigerpflanzen in folgende Klassen unterteilt:

1) Extensivgrünland (Klasse 1) = pot. Weidefläche

Extensivgrünland zeigt meist eine sehr hohe pflanzliche Artenvielfalt. Auf diesen Standorten sind häufig bis zu 30 oder 40 Pflanzenarten pro Quadratmeter zu finden (vgl. Schumacher 2014). Gräser nehmen hierbei meist einen geringen Anteil ein, währenddessen Blütenpflanzen (Stichwort: „blühende Wiese“) vermehrt vorkommen. Typische kartierte Pflanzenzeiger dieser Standorte sind: Magerwiesen-Margerite (*Leucanthemum ircutianum*), Schafgarbe (*Achillea millefolium*), Wiesen-Silge (*Silaum silaus*), Taubenkropf-Leimkraut (*Silene vulgaris*), Skabiosen-Flockenblume (*Centaurea scabiosa*), Wiesen-Glockenblume (*Campanula patula*), Goldhafer (*Trisetum flavescens*), Wiesen-Bocksbart (*Tragopogon pratensis*), Weidenblättriger Alant (*Inula salicina*), Bocksriemenzunge (*Himantoglossum hircinum*), Purpur-Knabenkraut (*Orchis purpurea*), Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*). Häufig zeigen extensiv genutzte Grünlandstandorte beginnende Sukzessionsprozesse durch krautigen Unterwuchs mit Weißdorn (*Crataegus*), Besenginster (*Genista*), Schlehe (*Prunus spinosa*), Hartriegel (*Cornus*) und Hunds-Rose (*Rosa canina*). Diese Flächen stellen ein optimales Nahrungsangebot für

Weidetiere, wie Schafe bereit. Gleichzeitig werden die Flächen durch Schafbeweidung gepflegt, da die Beweidung Verbuschung reduziert und somit die Landschaft offen hält. Extensivgrünland verfügt zudem über ein ausgiebiges abwechslungsreiches Samenangebot, welche durch die Schafe aufgenommen werden. Die Topographie dieser Standorte weist häufig ein heterogenes Relief mit teils hohen Neigungsraten auf. Häufig sind extensiv genutzte Grünlandstandorte als schutzwürdige Biotope ausgewiesen oder befinden sich in unmittelbarer Nähe zu diesen. Die folgende Abbildung zeigt typische extensiv genutzte Grünlandstandorte.



Abb. 8: Beispiele kartierter Extensivstandorte

2) Semi-Extensivgrünland (Klasse 2) = pot. Weidefläche

Die Klasse Semi-Extensivgrünland wurde im Laufe der Kartierarbeiten als Zwischenklasse gebildet, da bestimmte Flächen aufgrund ihrer Charakteristika nicht eindeutig einer der beiden Hauptklassen zugewiesen werden konnten. Auf semi-extensiv genutzten Standorten nimmt der Anteil der Gräser bereits deutlich zu, währenddessen Blütenpflanzen anteilmäßig abnehmen, sowie deren Diversität abnimmt. Krautige Strukturen wie Gebüsche und Sträucher treten nur noch sehr sporadisch auf. Teilweise befinden sich diese Flächen in einer Umwandlungsphase von Extensiv- zu Intensivgrünland. Semi-Extensivgrünland eignet sich ebenfalls für Schafbeweidungen, besitzt aber ein geringeres Potential zu verfrachtender Samen durch die Biodiversitätstaxis. Die folgende Abbildung zeigt typische kartierte semi-extensiv genutzte Grünlandstandorte.



Abb. 9: Beispiele kartierter Semi-Extensivstandorte

3) Intensivgrünland (Klasse 3) = für Beweidung ungeeignet (ausschließlich Zwischenweide im Winter)

Intensivgrünland hebt sich deutlich von den beiden zuvor aufgeführten Klassen ab. Es ist in seiner Oberflächenstruktur sehr homogen. Die Vegetation setzt sich meist aus wenigen, schnell wachsenden Gräsern und einigen nitrophilen Arten zusammen. Meist liegt die Artenanzahl zwischen 5-10 Pflanzenarten pro m² (vgl. SCHUMACHER et al. 2013). Typische Pflanzenzeiger sind Löwenzahn (*Taraxacum officinalis*), Krauser Ampfer (*Rumex crispus*), Kriech-Quecke (*Elymus repens*), Ausdauerndes Weidelgras (*Lolium perenne*), Weißklee (*Trifolium repens*), Spitzwegerich (*Plantago comceolata*), Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*), Wiesen-Knäulgras (*Dactylis glomerata*) und Wiesen-Kammgras (*Cynosurus christatus*). Ziel dieser Flächen ist der Maximalertrag an Biomasse, so dass die intensiv genutzten Flächen häufig gedüngt werden. Teils werden bis zu 400 kg Düngemittel pro Hektar pro Jahr ausgebracht (vgl. SCOHIER & DUMONT 2012). Die folgende Abbildung zeigt typisches intensiv genutztes Grünland in der Westeifel.



Abb. 10: Beispiele kartierter Intensivstandorte

Der hohe Intensivierungsgrad im Grünland führte zu einer unausgeglichene Verteilung der Trainingsklassen. Insgesamt wurden 111 extensiv, 163 semi-extensiv und 444 intensiv genutzte Grünlandflächen kartiert. Um diesem quantitativen Ungleichgewicht entgegen zu wirken, wurden Biotopkartierungen aus Rheinland-Pfalz aus dem Jahr 2016 hinzugezogen. Über Luftbildinterpretationen konnten Grünlandflächen, welche durch Biotop räumlich überlagert werden und eine heterogene Oberflächenstruktur aufweisen im GIS selektiert und dem Grünlandtyp Extensivgrünland (Klasse 1) zugeordnet werden. Hierdurch konnte zusätzlich eine bessere räumliche Verteilung der Trainingsdaten erreicht werden (vgl. Abb. 11). Der finale Trainingsdatensatz umfasst demnach 864 Grünlandpolygone: 257 der Klasse 1 (Extensivgrünland), 163 der Klasse 2 (Semi-Extensivgrünland) und 444 der Klasse 3 (Intensivgrünland).

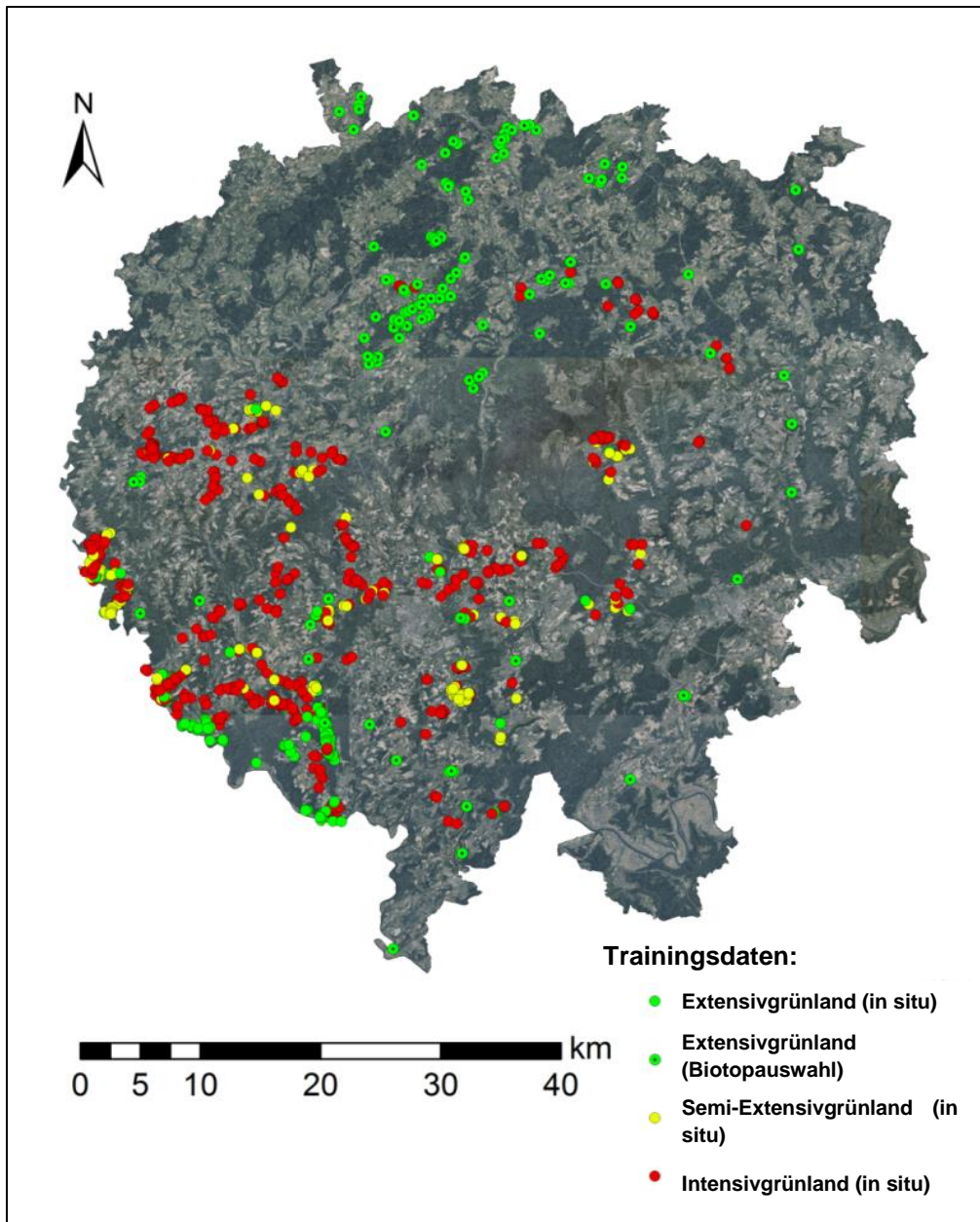


Abb. 11: Räumliche Verteilung der kartierten Trainingsdaten

Samenaufnahme in das Schaffell

Um die Aufnahme von Samen in das Schaffell zu untersuchen, wurde zunächst das Fell von 12 Mutterschafen und drei Lämmern von Schmutz und Samen gereinigt und die Tiere in drei gleichgroße Gruppen aufgeteilt (bestehend aus je vier Mutterschafen und einem Lamm). Anschließend wurden vier Felder à ca. 20 x 20 cm auf dem Fell der Tiere markiert (je zwei auf der Brust (links und rechts) und zwei auf der Flanke, siehe Abb. 12, links). Die samenfreien Schafe wurden im Anschluss auf artenreiche Extensivflächen gebracht (siehe Abb. 12, rechts), auf welchen im Vorfeld Vegetationserhebungen durchgeführt wurden, um die fruchtenden Pflanzenarten, deren Deckungsanteil an der Gesamtvegetation sowie die Höhe der Vegetation aufzunehmen. Nach jeweils einer, vier und 28 Stunden wurden dann von vier Muttertieren und einem Lamm einer Schafgruppe je zwei im Fell markierte Felder einer Seite (links oder rechts) auf Samen abgesucht und diese

entfernt. Am folgenden Tag wurden die Tiere auf eine artenarme Fläche gebracht, um dort die weitere Samenaufnahme einzuschränken und Samenverlust zu ermöglichen. Nachfolgend wurden dort erneut nach einer, vier und 28 Stunden die markierten Felder der anderen Seite (also links, wenn zuvor die rechte Seite abgesammelt wurde) auf Samen untersucht. Der Versuch wurde insgesamt dreimal, im Juli, im August und im September, durchgeführt. Auf diese Weise fruchteten unterschiedliche Pflanzenarten zum Zeitpunkt der Untersuchungen.



Abb. 12: Schaf mit markierten Flächen im Fell, zu sehen sind Flächen der Brust rechts, links und der Flanke links (Foto links); Herde der markierten Tiere auf einer artenreichen Extensivfläche (Foto rechts, Fotos PATRICIA KRICKL)






Samenverlust aus dem Schaffell und der Einfluss der Samenmorphologie

Für diesen Versuchsteil wurden Samen unterschiedlicher Morphologie von 21 Pflanzenarten (siehe Tab. 1) im Labor dünn mit Acrylfarbe bemalt (siehe Abb. 13), um diese später im Schaffell wieder erkennen zu können. Die Samen wurden dann auf 10 (11 in der zweiten Wiederholung) Schafe und Lämmer ausgebracht, wobei die Samen vorsichtig mit der Hand ins Fell gedrückt wurden. 16 Tage lang wurden die Samen täglich gezählt und der Samenverlust notiert. Zusätzliche Zählungen fanden an Tag 25 und Tag 38 statt.



Abb. 13: Mit Acrylfarbe markierte Samen von *Arrhenatherum elatius* (Gewöhnlicher Glatthafer)

Tab. 1: Morphologie der verwendeten Samen; beispielhaft Fotografie einer Art für jeden Typ Morphologie, hier von oben nach unten: *Lotus corniculatus*, *Selinum carvifolium*, *Sanguisorba minor*, *Brachypodium sylvaticum* und *Daucus carota* (Fotos von PATRICIA KRICKL und SVENJA MUNCK)

Samenmorphologie	Art (deutscher Name)	Beispiel
keine Anhängsel, glatte Oberfläche	Gewöhnlicher Hornklee	 Gewöhnlicher Hornklee
	Echtes Labkraut	
	Zaun-Wicke	
	Wiesen-Salbei	
flache Anhängsel	Knolliger Hahnenfuß	 Kümmel-Silge
	Gewöhnliche Bärenklau	
	Kümmel-Silge	
	Echter Ehrenpreis	
keine Anhängsel, raue Oberfläche	Wiesen-Platterbse	 Kleiner Wiesenknopf
	Rundblättrige Glockenblume	
	Kleiner Wiesenknopf	
	Wiesen-Primel	
Granne, Gras	Schaf-Schwingel	 Wald-Zwenke
	Gold-Grannenhafer	
	Glatthafer	
	Wald-Zwenke	
hakige Anhängsel	Echte Arnika	 Wilde Möhre
	Bach-Nelkenwurz	
	Gewöhnliche Möhre	
	Acker-Ringelblume	
	Kleiner Odermennig	

III. Ergebnisse der OG

a) Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. mit Beispielen, wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?

Die Zusammenarbeit erfolgte durch Projekttreffen der OG beim IfA in Neustadt an der Weinstraße, sowie insbesondere durch gemeinsame Begehungen im Untersuchungsgebiet und durch Treffen bei der vor-Ort (in Wallendorf) ansässigen Schäferei Czerkus (vgl. auch Fotodokumentation in Kapitel B. IV. c).

Die Ermittlung und Gewichtung der relevanten Kriterien bei der Multikriterienanalyse erfolgte in enger telefonischer Abstimmung mit dem Vorsitzenden der Berufsschäfer GÜNTHER CZERKUS.

Die Zusammenarbeit mit den Schäfern, die ihre Triebwege mittels postalisch übersandtem GPS-Tracker aufzeichneten, erfolgte per Telekommunikation: zur Absprache je nach Empfang insbesondere per Email oder Telefon, die Überprüfung der Ergebnisse der Potentialflächen, der Vergleich simulierter Routen mit den realen Routen (GPS-Tracker) mittels gemeinsamer Bildschirmarbeit.

Zur unterstützenden Validierung der mittels maschinellen Lernens ermittelten Potenzialflächen durch die Universität Regensburg wurden dieser per Email die entsprechenden (Geo-)Daten digital übermittelt.

Die gemeinsamen Veranstaltungen wurden in gemeinsamer (telefonischer) Abstimmung federführend durch GÜNTHER CZERKUS mit Unterstützung des IfA und der UR organisiert.

b) Was war der besondere Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts?

Wesentlich war die direkte Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis und die damit verbundene hohe Praxisrelevanz der Arbeiten.

Die teilnehmenden Schäfer wussten zwar grob um den ökologischen Wert der von ihnen gepflegten Flächen, doch das konkrete Ausmaß kannten die meisten nicht. Sie sehen den Wert ihrer täglichen Arbeit nun mit anderen Augen.

Teilweise schwierig war das Erfüllen der hohen Anforderungen an die Dokumentation im Rahmen einer OG.

c) Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?

Es erfolgt auch Monate nach Beendigung des Projektes ein Austausch in Detailfragen. Ein weiterer Projektantrag ist in Diskussion.

IV. Ergebnisse des Innovationsprojektes

a) Zielerreichung (wurde eine Innovation im Projekt generiert?)

In dem Forschungsvorhaben wurden alle angegebenen Ziele erreicht und einige technische Innovationen generiert. Dazu zählen insbesondere die

- Ermittlung zusätzlicher Potentialflächen durch machine learning- Algorithmen,
- die Triebwegeermittlung durch Routing-Algorithmen und
- die Generierung der WebMaps und Apps für die Präsentation und (mobile) Nutzung der Daten, auch im Gelände,
- Ermittlung der Samenaufnahmefähigkeit des Schaffells,
- Ermittlung des Samenverlusts aus dem Schaffell und der Einfluss der Samenmorphologie.

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse ausführlich dargestellt:

Machine Learning zur Grünlandklassifizierung und Identifizierung potentieller Weideflächen

Zur Klassifizierung der Grünlandflächen wurde auf Grundlage der Trainingsdaten die machine learning Methode Random Forest (vgl. BREIMAN 2001) mit der Statistik-Software R Version 3.4.0 erstellt. Random Forests bestehen aus einer Vielzahl von Entscheidungsbäumen, die jeweils auf ca. 63% der Trainingsdaten beruhen (vgl. CUTLER et al. 2007). An jedem Knoten jedes Baumes wird die beste Aufteilung der Daten auf Basis eines zufällig ausgewählten Teils der Parameter bestimmt. Von

diesen Parametern wird derjenige ausgewählt, der die beste Aufteilung der Daten nach dem Gini-Index erreicht. Der Gini-Index ist ein Maß für die Ungleichverteilung der Daten auf die verschiedenen Klassen (vgl. RODRIGUEZ-GALIANO et al. 2012). In diesem Fall wurde ein Random Forest mit 500 Bäumen gebildet. An jedem Knoten wurde die beste Aufteilung der Daten aus 6 zufällig ausgewählten Parametern bestimmt (vgl. Abb. 14).

Eine Besonderheit der Grünlandklassifizierung zur Identifizierung potentieller Weideflächen für Schafe besteht darin, dass die Klassen 1 und 2 (Semi-Extensivgrünland und Extensivgrünland) beide für Schafbeweidung geeignet sind. Während die Trennung von Intensiv- (Klasse 3) und Extensivgrünland (Klasse 1) sehr wichtig ist, stellt eine Verwechslung zwischen den Klassen 1 und 2 einen weniger schwerwiegenden Fehler dar (vgl. GROSSMANN et al. 2010). Um dies bei der Validierung zu berücksichtigen, wurden zwei zusätzliche Genauigkeiten berechnet: die Nutzer-Genauigkeit für Weideflächen und die Produzenten-Genauigkeit für Weideflächen. Die Nutzer-Genauigkeit für Weideflächen ist definiert als Anteil der Klasse 1 zugewiesenen Grünlandflächen, die tatsächlich als Weidefläche geeignet sind (d.h. die zu den Klassen 1 oder 2 gehören). Die Produzenten-Genauigkeit für Weideflächen ist definiert als Anteil der Extensivgrünlandflächen (Klasse 1), die für die Schafbeweidung geeignet klassifiziert werden (d.h. die als Klasse 1 oder 2 klassifiziert werden). Zudem wurde eine Methode der Random Forests angewendet, mit der die relative Wichtigkeit der einzelnen Parameter für die Klassifizierung abgeschätzt werden kann.

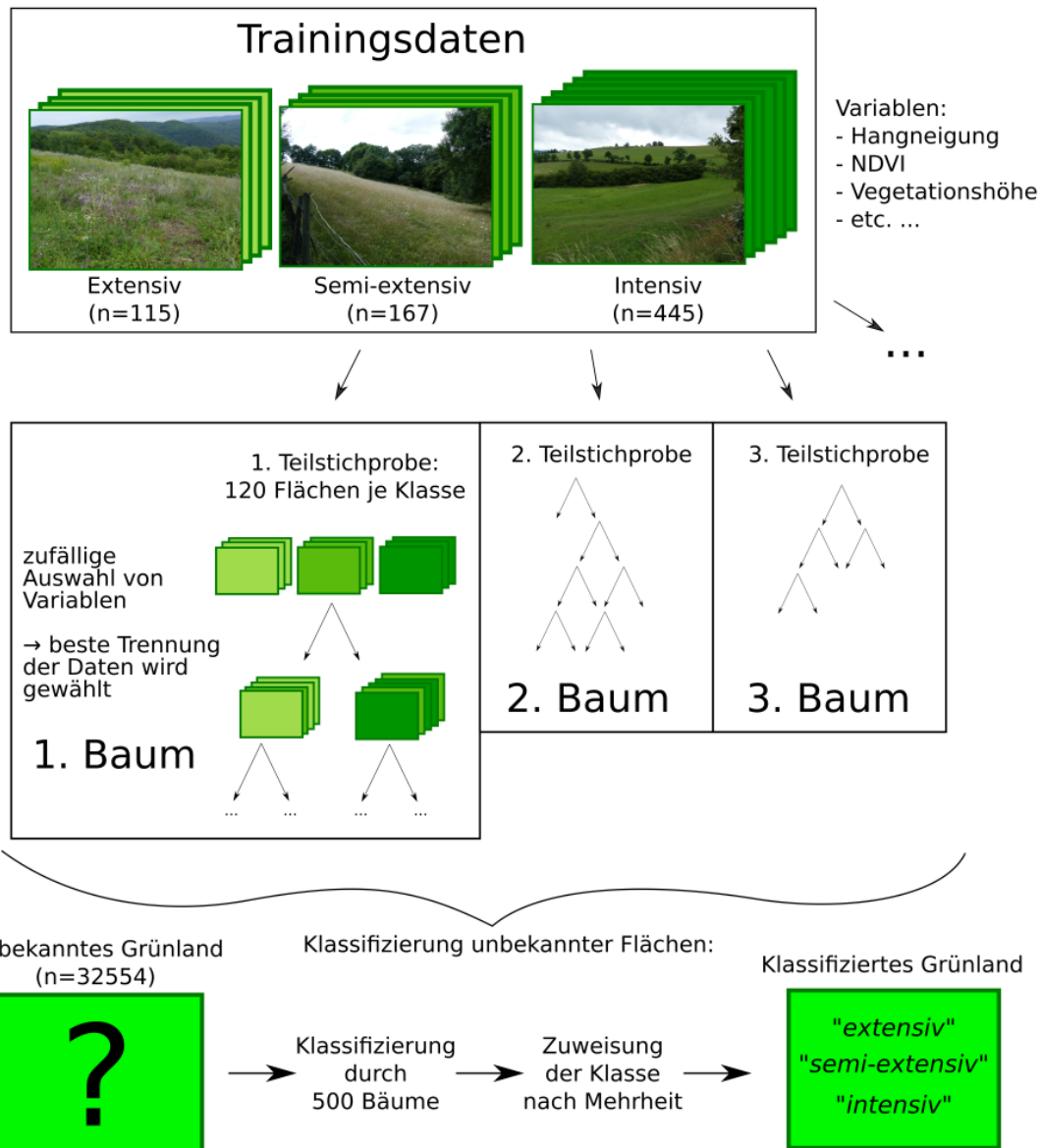


Abb. 14: Random Forest zur Klassifizierung der Weidepotentiale

Mithilfe des Maschinellen Lernens konnte der Ausgangsdatenpool von 33.418 Potentialflächen in 3 Klassen klassifiziert werden. Hierbei wurden 4.258 Standorte als Extensivgrünland (Klasse 1), 3.506 als Semi-Extensivgrünland (Klasse 2) und 25.654 als Intensivgrünland (Klasse 3) klassifiziert, siehe folgende Abbildung.

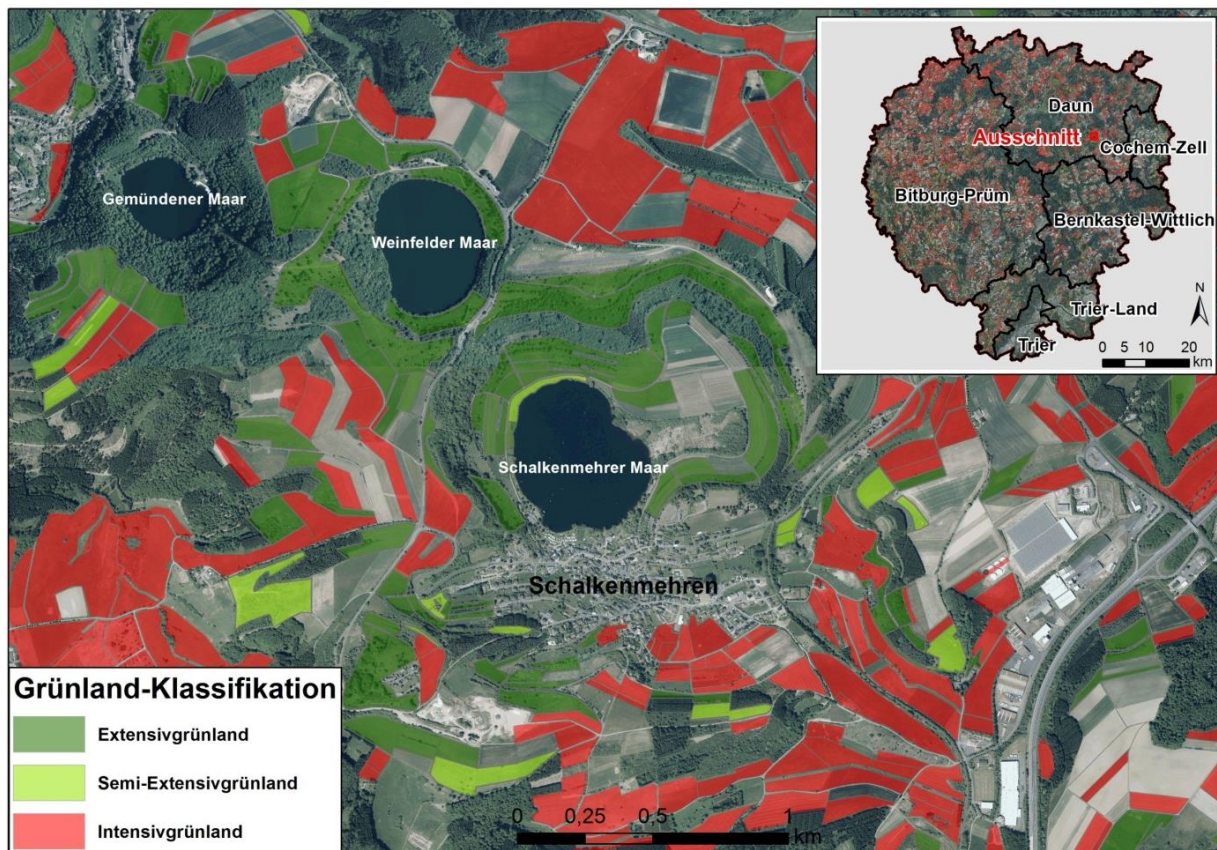


Abb. 15: exemplarischer Landschaftsausschnitt der Grünlandklassifizierung nach Nutzungsintensitäten

Die Klassifikation zeigt ein starkes nominelles Übergewicht des Intensivgrünlandes gegenüber dem Extensivgrünland, was auch in den Kartierfahrten beobachtet wurde. Das Grünland der Eifel unterläuft einer ausgeprägten Intensivierungsphase. Extensivgrünland tritt räumlich nur noch sehr spärlich und verinselt auf. Der wichtigste Parameter zur Klassifizierung der Flächen mithilfe des Random Forest Klassifikators war der Minimum NDVI gefolgt vom Parameter Verbuschungsanteil, mittlere Hangneigung [in °], mittlere Vegetationshöhe und der mittlere MRVBF (Multiresolution Valley Bottom Flatness Index). Die Klassifikation hat eine Gesamtgenauigkeit von ca. 70%.

Das Extensivgrünland konnte von allen drei Klassen mit der höchsten Nutzer-Genauigkeit klassifiziert werden, danach folgte die Klasse Weideflächen. Der Random Forest Klassifikator ist somit in der Lage, extensives und intensives Grünland mit einer sehr geringen Fehlklassifikation zuverlässig zu unterscheiden. Insbesondere die Klasse 1 und Klasse 3 erreichen hierbei eine sehr hohe Genauigkeit. Semi-extensiv genutztes Grünland ist durch den Klassifikator deutlich schwerer zu erkennen. Dies liegt darin begründet, dass das Semi-Extensivgrünland sehr inhomogen ist und ein breites Spektrum an Grünland abdeckt. Das Semi-Extensivgrünland weist Charakteristika auf, welche ähnlich denen des Intensivgrünlandes sind, gleichzeitig beinhaltet es Flächen, welche von ihrer Charakteristika nahe an extensiv genutzten Grünlandflächen liegen. Solche Landnutzungen mit einer hohen klasseninternen Variabilität sind generell schwierig zu klassifizieren (BARRETT et al. 2014). Ein zusätzliches Problem lag darin begründet, dass für Klasse 2 die wenigsten Trainingsdaten (n=163, im Vergleich Klasse 1: 257, Klasse 3: 444) zur Verfügung standen. Klassen mit wenigen Trainingsdaten werden oft weniger zuverlässig vorhergesagt (vgl. GROSSMANN et al. 2010). Im Allgemeinen ist die Genauigkeit der

Landbedeckungsklassifizierung in kleinen Regionen mit geringen topographischen Unterschieden höher (BARRETT et al. 2014). Das Untersuchungsgebiet in der Eifel ist recht groß (3.600 km²), daher ist die Verfügbarkeit repräsentativer Trainingsdaten für die gesamte Fläche für eine zuverlässige Grünlandklassifizierung sehr wichtig.

Multikriterienanalyse (Analytical Hierarchy Process)

Mithilfe der Weidepotential-Bewertung konnte sämtlichen Weidepotentialen eine Weideeignung zugeordnet werden. Neben der Weideeignung sind zahlreiche weitere Parameter an die Flächen angebunden. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Weidepotential-Priorisierung mittels Multikriterienanalyse (AHP).

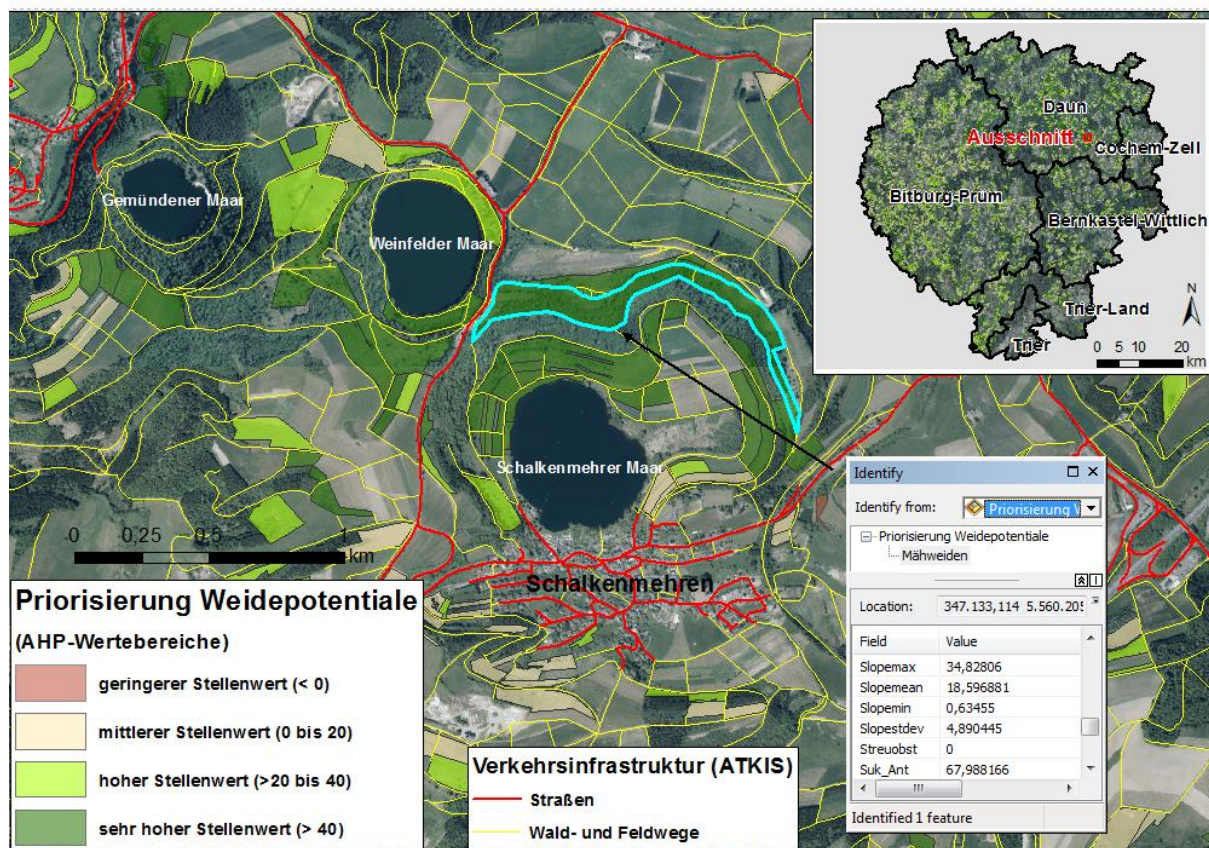


Abb. 16: Exemplarischer Landschaftsausschnitt mit Flächengewichtung nach AHP (bläulich umrandet: exemplarischer Standort mit Auszug angebundener Zusatzinformationen)

Das Grundprinzip multikriterieller Verfahren besteht darin, für eine Entscheidung relevante Ziele („Objectives“) zu formulieren. Ein solches Ziel wird dann in Kriterien („Criteria“) unterteilt, an Hand derer sich der Zielertrag („Score“) der zu untersuchenden Varianten ermitteln lässt. Die Zielerträge der einzelnen Kriterien werden unter optionaler Einbeziehung von Gewichtungen („Weights“) zu einem Bewertungsindex („Suitability“) aggregiert, der eine Reihung der Varianten hinsichtlich des angestrebten Ziels ermöglicht (vgl. EASTMAN et al. 1995). Dieses Prinzip ist natürlich ausdehnbar auf mehrere Ziele bzw. eine Zielhierarchie. In räumlichen Fragestellungen ist das Ergebnis in der Regel nicht eine einzelne Zahl (Bewertungsindex der jeweils untersuchten Variante), sondern eine Karte mit einem Raster, auf der für jeden Rasterpunkt ein Bewertungsindex dargestellt ist.

Bei einer Gewichtung vieler Kriterien, empfiehlt sich die Methode des „Analytical Hierarchy Process“ (AHP, vgl. SAATY 1980 und EASTMAN et al. 1995), welche im Rahmen dieser Studie als kostenfreie interaktive Web-Anwendung (vgl. ALONSO & LAMATA 2006, SALO & HÄMÄLÄINEN 1997) zum Einsatz kam (vgl. <http://bpmmsg.com/ahp-online-calculator>).

Nicht jeder Faktor hat die gleiche Bedeutsamkeit für eine (Standort-)Entscheidung. Deshalb sollten sie einer Gewichtung unterzogen werden, die beliebig, anhand empirischer Annahmen oder mathematischer Methoden erfolgen kann. In dieser Studie wurde der AHP zur Gewichtung selektiver Gunst- und Ungunstkriterien für Schafbeweidung verwendet. Der AHP kann in 4 Verfahrensschritte untergegliedert werden. In einem ersten Schritt wurden die entscheidungsrelevanten Parameter, nämlich das Ziel, die Kriterien und die Alternativen definiert und deren Rangfolge (Hierarchie) festgelegt (vgl. MEIXNER & HAAS 2002). Dieser Verfahrensschritt wurde in enger Abstimmung mit G. CZERKUS (Bundesverband der Berufsschäfer e.V.) durchgeführt (s. Tab. 2).

Tab. 2: Übersicht selektiver Gunst- und Ungunstkriterien

Gunstkriterien	Faktorwert	Ungunstkriterien	Faktorwert
überlagernder Biotoptyp (sehr hoher Stellenwert f. Beweidung)	32.9	Grad an Verbuschung >70 %	53.2
Grad an Verbuschung > 30 - 70%	26.4	Feuchtstandort nach Bodenfeuchteindex	20.2
Verbuschung 0 - 30%	14.3	Gefährdungspotential durch Hauptverkehrsstraßen & Eisenbahn [<50m]	12.4
Exposition [sonnen-exponiert]	10.0	Anbindung pot. Triebwege [>50m]	4.9
überlagernder Biotoptyp (hoher Stellenwert f. Beweidung)	9.5	Exposition [sonnenabgewandt]	4.7
Gefährdungspotential durch Hauptverkehrsstraßen [>50m]	3.5	überlagernder Biotoptyp (geringer Stellenwert f. Beweidung)	4.7
Anbindung pot. Triebwege [<50m]	3.4		

Danach erfolgte im zweiten Schritt der Vergleich von Alternativen und Kriterien durch die Zuweisung von Punktwerten, also der relativen Bedeutung bzw. Einflussstärke der Elemente auf die übergeordnete Ebene mittels Paarvergleich in einer quadratischen Matrix. Diese Bewertung erfolgt auf Grundlage der 9-Punkte-Skala von SAATY. Dabei werden jeweils zwei Kriterien im Sinne von „wichtiger als“ verglichen, wobei auch mehrere Stufen der „höheren Wichtigkeit“ verwendet werden können (z.B. „gleich wichtig“ = 1, „etwas wichtiger“ = 3, „viel wichtiger“ = 5, „sehr viel wichtiger“ = 7, „extrem wichtiger“ = 9).

Der paarweise Abgleich der Kriterien untereinander erfolgte in enger Absprache mit G. Czerkus (Bundesverband der Berufsschäfer e.V.), dessen Expertise für den Vergleich der Kriterien von essentieller Wichtigkeit war.

Anschließend wurde in einem dritten Schritt die Ermittlung der Gewichte angereicht. Dazu musste zunächst eine Normalisierung der Kriterien durchgeführt werden, indem in jeder

Paarvergleichsmatrix jeder Eintrag durch dessen Spaltensumme dividiert wird (vgl. Ma et al. 2005). Die eigentliche Ermittlung der Gewichte erfolgt dann mittels Eigenvektormethode für jede Paarvergleichsmatrix.

Abschließend sollten in einem vierten Schritt die gewonnenen Ergebnisse des AHP durch eine Sensitivitätsanalyse auf ihre Stabilität oder Robustheit hin überprüft werden. Als Ziel erhält jeder der eingeflossenen Kriterien eine individuelle Gewichtung (siehe Faktorwerte Tabelle 5), welche die Eignung zur Beweidung beschreibt. Je höher dieser Wert ist, desto besser ist dessen Eignung zur Schafbeweidung.

Demnach würden als günstige Kriterien zur Schafbeweidung Flächen in Betracht kommen, welche innerhalb eines §30-Biotops mit einem sehr hohen Stellenwert für Beweidung liegen, einen hohen Verbuschungsgrad zwischen 30-70% bzw. einen Verbuschungsgrad <30% aufweisen. Als besonders ungünstige Standorte, welche sich weniger gut für Schafbeweidungen eignen kämen Standorte mit hohem Verbuschungsgrad >70%, Feuchtstandorte und Standort im Bereich nahe Hauptverkehrsstraßen in Betracht.

Die Gewichtungen der Beweidungskriterien wurden schließlich in ein Punktbewertungssystem überführt. Hierbei wurden die Negativ-Gewichtungen von der Positiv-Summe der Gunstkriterien subtrahiert. Die Flächengewichtung wurde anschließend stichprobenartig im Gelände validiert.

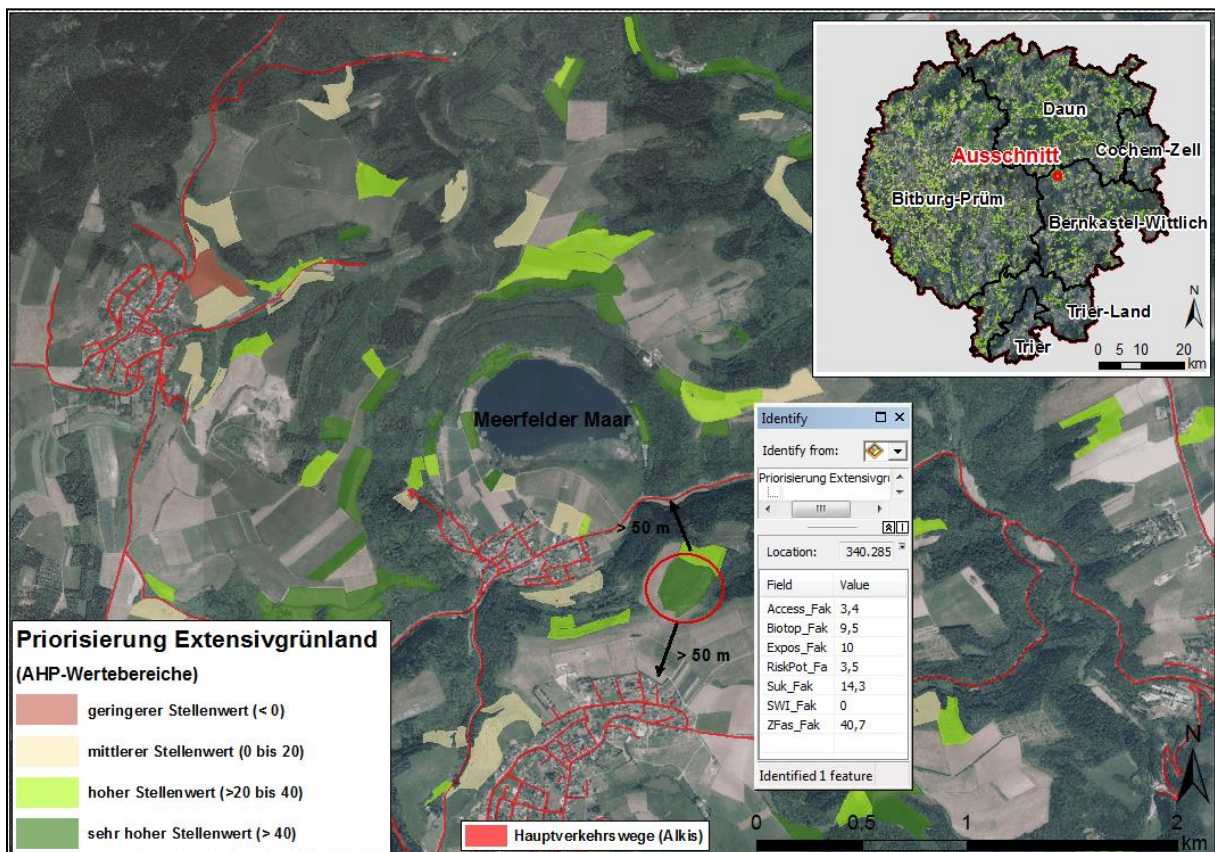


Abb. 17: Exemplarischer Landschaftsausschnitt mit Flächengewichtung nach AHP (rötlich eingefärbte Standorte sind demnach für Schafbeweidung eher ungeeignet, grünlich eingefärbte Standorte sind hingegen zur Schafbeweidung sehr gut geeignet)

GIS-basiertes Triebwege-Routing

Eine Möglichkeit zur Ermittlung von Wanderrouten kann vektorbasiert erfolgen. Die Triebwegesimulation erfolgt dann auf Basis von Vektordaten. Wichtigster Bestandteil ist ein flächendeckendes, durchgängiges Wege- und Straßennetz. Im Kontext der hier durchgeführten Simulationen wurde auf ATKIS-Daten zurückgegriffen, welche insbesondere das Wege- und Straßennetz hochauflösend und lückenlos darstellen. Hierbei wird ähnlich zu den bekannten Navigationssystemen das Wege- und Straßennetz als Ausgangsdatum verwendet und basierend auf diesem die kürzeste Route ermittelt. Auch hier können ähnlich wie im rasterbasierten Ansatz Gewichtungen vorgenommen werden. Neben Gewichtungen können auch Barrieren (bspw. Siedlungen, Hauptverkehrswege) einbezogen werden. Diese lassen sich in Restriktionen und skalierte Kosten unterscheiden. Restriktion bedeutet in diesem Kontext, dass die Flächen nicht als potentieller Triebweg genutzt werden können. Unter skalierten Kosten versteht man die Einbindung von Kostenfaktoren, ähnlich zur rasterbasierten Simulation. Hauptverkehrsstraßen können bspw. mit dem Faktor 2 belegt werden, was bedeutet, dass in diesen Bereichen die doppelte Weglänge simuliert wird. Siedlungen mit dem Faktor 5 würden bedeuten, dass Triebwege in Siedlungen um den Längenfaktor 5 verlängert würden. Hierdurch können polygonförmige, linienhafte und punkthafte Barrieren in die Simulation eingebunden und skaliert werden. Als Input wird für die Berechnung ein nummerierter Punktlayer (hier: Beweidungsflächen nach Beweidungszeitpunkt) benötigt. Mit dem Startpunkt 1 wird nun jede Fläche (Punkt) in ihrer Reihenfolge angesteuert. Es wird jeweils die kürzeste Route zum nächsten Stopp (hier: Beweidungsfläche) unter Berücksichtigung etwaiger Barrieren berechnet.

Die Vorteile dieser Methode liegen in der Rechenzeit und der Möglichkeit, die Wanderrouten ausschließlich auf vorhandenen Wegen zu simulieren. Nur selten nutzen Wanderschäfer Querfeldein- (Wald-) Begehungen, um Distanzen zu verkürzen. Die Simulationsgüte war qualitativ hochwertig, da vektorbasiert auf eine öffentlich-rechtliche Datenbasis (hier: ATKIS) zurückgegriffen wurde.

Triebwegesimulation G. CZERKUS

Das simulierte Triebwegennetzwerk des Schäfers G. CZERKUS umfasste eine Gesamtlänge von etwa 145 km und verbindet sämtliche Weideflächen in chronologischer Reihenfolge des Weidegangs. Inputdatum zur Routenberechnung ist das ATKIS Wege- und Straßennetz. Die folgende Abbildung zeigt die simulierte Wanderroute (kürzeste Distanz). Sie weist eine hohe räumliche Übereinstimmung mit der bisherigen Wanderroute des Schäfers G. CZERKUS auf. Einzig die Route zwischen Prümzurly und Echternacherbrück wird durch den Schäfer anderweitig begangen. Hier wird durch G. CZERKUS die Waldroute während der Vegetationsperiode bevorzugt, welche allerdings zu Beginn ca. 2km über eine Hauptverkehrsstraße führt und daher in der Simulation nicht dargestellt wurde. Hintergrund liegt darin begründet, dass Siedlungen und Hauptverkehrswege als Barrieren eingestuft und mit einem Kostenfaktor von 1,5 belegt wurden. Dies bedeutet, dass eine Route entlang (innerhalb) dieser Barrieren die 1,5-fache Länge eines pot. Triebweges (Wald- und Flurwege) beträgt, sodass diese Barrieren in den Simulationen meist umgangen werden (s. folgende Abbildung).

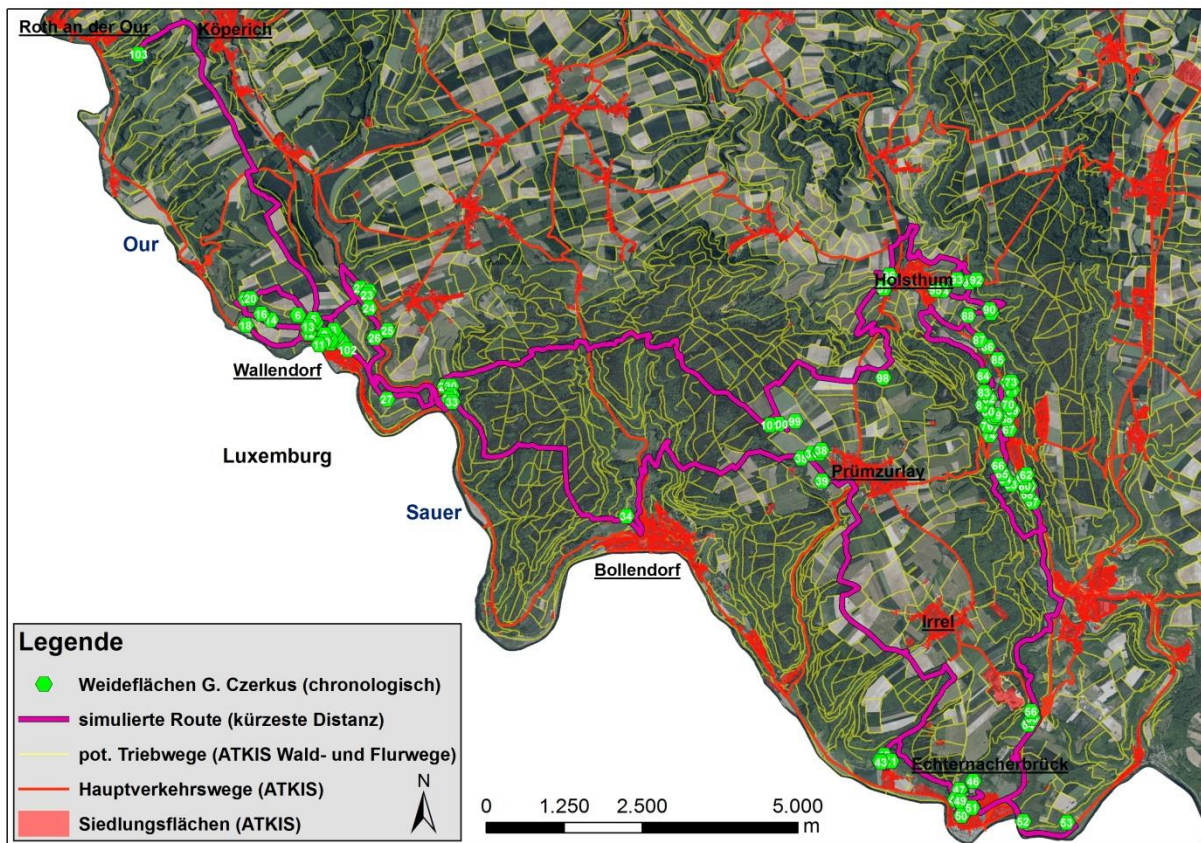


Abb. 18: simulierte Wanderroute G. CZERKUS (kürzeste Distanz), Software: Network Analyst (ESRI), Hauptverkehrswege und Siedlungen wurden als Barrieren (Kostenfaktor: Länge x 1.5) eingestuft

Triebwegesimulation M. DIETZ

Das simulierte Triebwegenetzwerk umfasst eine Gesamtlänge von etwa 93 km und verbindet sämtliche Weideflächen des Schäfers M. DIETZ in chronologischer Reihenfolge des Weidegangs. Die simulierte Wanderroute des Schäfers startet in der Nähe von Landscheid und führt gen Norden über die Gemeinde Eisenschmitt zum Meerfelder Maar und von dort gen Süden über die Gemeinde Bettenfeld, westlich an Manderscheid vorbei Richtung Großlittgen und zurück nach Landscheid. Insgesamt werden über 40 Weideflächen angesteuert. Inputdatum zur Routenberechnung ist das ATKIS Wege- und Straßennetz. Die Route ähnelt mit nur geringen räumlichen Abweichungen der eigentlichen Wanderoute des Schäfers.

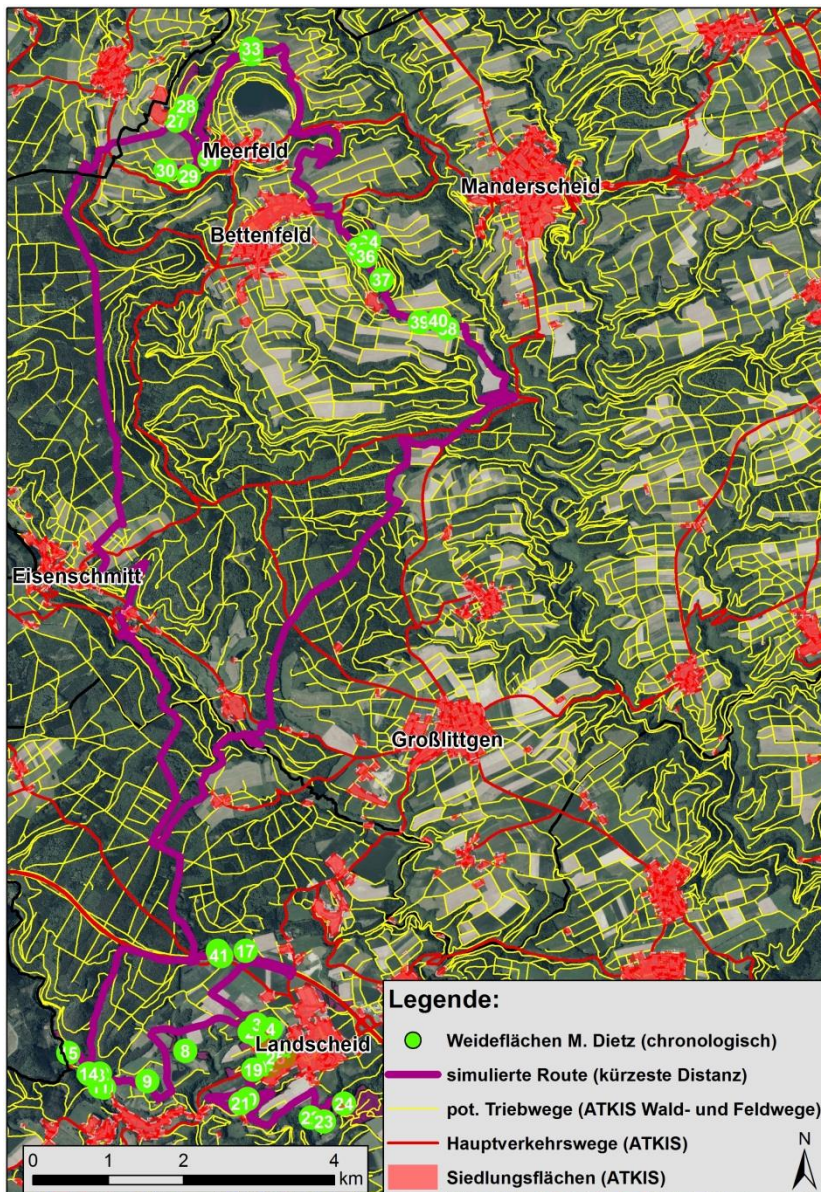


Abb. 19: simulierte Wanderroute M. DIETZ (kürzeste Distanz), Software: Network Analyst (ESRI), Hauptverkehrswege und Siedlungen wurden als Barrieren (Kostenfaktor: Länge x 1.5) eingestuft

In einem zweiten Schritt wurden zu einer Vergrößerung der Weidemöglichkeiten Potentialflächen in die Simulation eingebunden. Die Potentialflächen befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu den bisherigen Weideflächen des Schäfers. Es wurden Potentiale der Klasse 1 (Extensivgrünland) und Klasse 2 (Semi-Extensivgrünland) ausgewählt. Insgesamt wurden 103 Potentialflächen in das Routing einbezogen. Dem Wanderschäfer werden so neue Potentiale vorgeblendet und neue Routen aufgezeigt, wie die neuen Potentiale am besten angesteuert werden können. Die folgende Abbildung zeigt die simulierte Wanderroute, welche insbesondere südlich von Landscheid von der bisherigen Route abweicht und neue Potentiale nahe Bruch und Niersbach einbindet. Ein weiterer Hot-Spot für neue Potentialflächen befindet sich nördlich des Meerfelder Maares, sowie zwischen Manderscheid und Bettenfeld und südlich von Manderscheid. Die folgende Abbildung illustriert die neuen Weidepotentiale und zeigt, wie diese optimal über Triebwege angesteuert werden können.

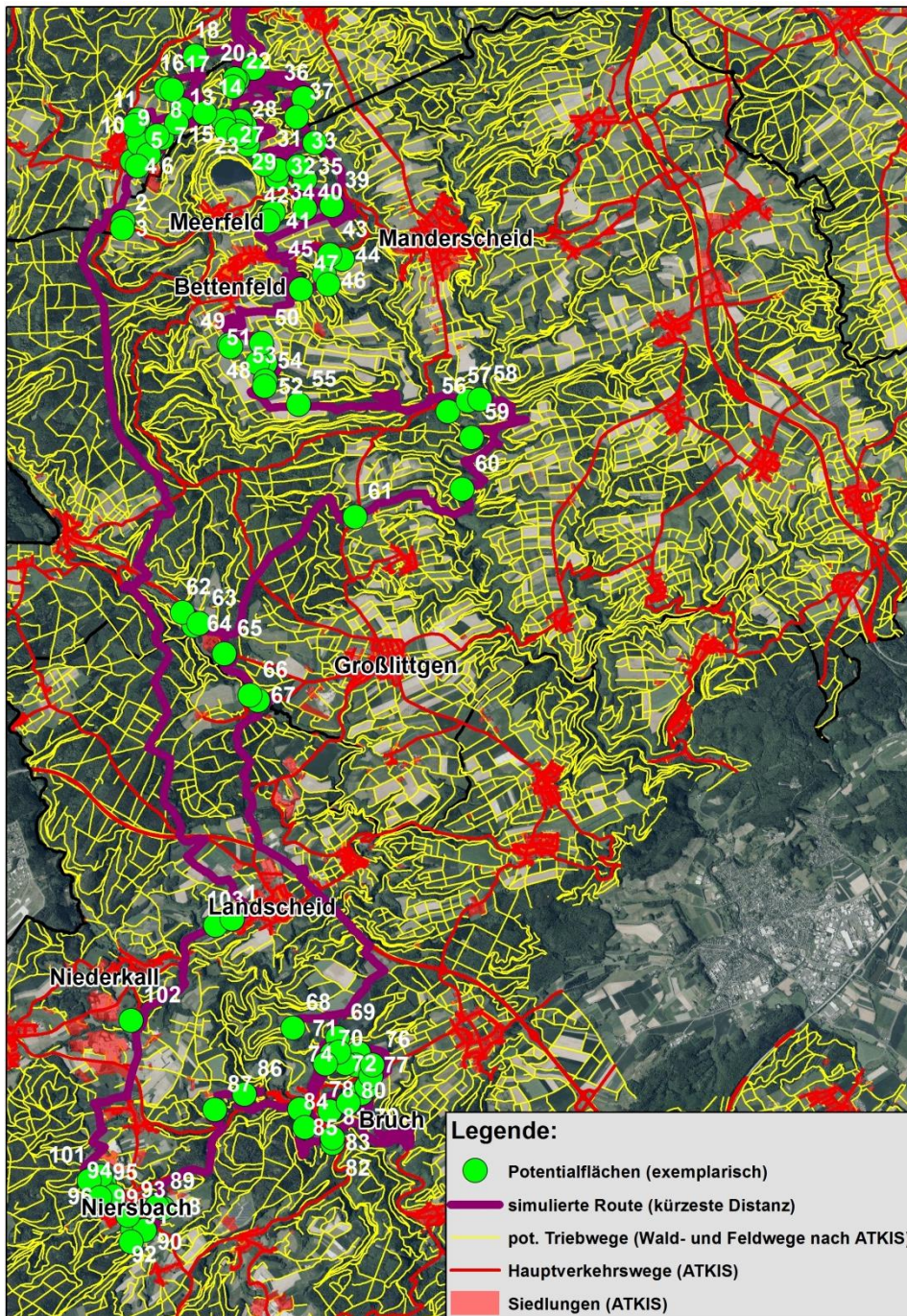


Abb. 20: simulierte Wanderroute M. DIETZ unter Ansteuerung neuer Weidepotentiale (kürzeste Distanz), Software: Network Analyst (ESRI), Hauptverkehrswege und Siedlungen wurden als Barrieren (Kostenfaktor: Länge x 1.5) eingestuft

Samenaufnahme in das Schaffell

Erkenntnis 1: Bis zu 2 Millionen Samen können in einer Vegetationsperiode aus 226 Tagen in einer Herde aus 500 Schafen getragen werden

Im Zeitraum der Untersuchung (4 Tage) wurden insgesamt 286 Samen (Mittel aus den drei Versuchsdurchführungen, siehe Tab. 3) in den markierten Fellflächen der 15 Schafe gefunden. Das heißt, ein Schaf hatte an einem Tag ca. 5 Samen auf den markierten Fellflächen. In einer Herde aus

500 Schafen bedeutet dies einen Samentransport von gut 500.000 Samen (auf untersuchter Fellfläche) in einer Vegetationsperiode von 226 Tagen (Stand 2017 in Deutschland; www.dwd.de). Geht man von einer Fellgröße von 90x65 cm pro Schaf aus, bedeutet dies für eine Vegetationsperiode hochgerechnet einen Samentransport von knapp 2 Millionen Samen durch eine 500-köpfige Schafherde.

Tab. 3: Anzahl der Samen je Art, die in den drei Versuchsdurchführungen im Fell der Schafe gefunden wurden

Art	Anzahl der Samen [n]	in %
<i>Agrimonia eupatoria</i>	604	70.48
<i>Geum urbanum</i>	122	14.24
<i>Galium aparine</i>	27	3.15
<i>Holcus lanatus</i>	18	2.10
<i>Arrhenatherum elatius</i>	16	1.87
<i>Daucus carota</i>	16	1.87
<i>Bromus erectus</i>	11	1.28
<i>Dactylis glomerata</i>	5	0.58
<i>Brachypodium pinnatum</i>	4	0.47
<i>Agrostis capillaris</i>	2	0.23
<i>Galium verum</i>	2	0.23
<i>Allium oleraceum</i>	1	0.12
<i>Alopecurus pratensis</i>	1	0.12
<i>Cirsium vulgare</i>	1	0.12
<i>Clinopodium vulgare</i>	1	0.12
<i>Polygonum aviculare</i>	1	0.12
<i>Salix spec.</i>	1	0.12
<i>Scabiosa columbaria</i>	1	0.12
<i>Setaria cf.</i>	1	0.12
unbestimmt	22	-

Erkenntnis 2: Der Hauptanteil der transportierten Samen kam von Pflanzenarten aus der Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*)

Weitere wichtige Pflanzenfamilien waren die Süßgräser (*Poaceae*), die Rötengewächse (*Rubiaceae*) und die Doldenblütler (*Apiaceae*, siehe Tab. 4).

Tab. 4: Familien der im Fell gefundenen Samen

Familie	Anzahl Samen [n]	Häufigkeit Samen [%]
<i>Rosaceae</i>	726	84.71
<i>Poaceae</i>	58	6.77
<i>Rubiaceae</i>	29	3.38
<i>Apiaceae</i>	16	1.87
<i>Alliaceae</i>	1	0.12
<i>Asteraceae</i>	1	0.12
<i>Dipsacaceae</i>	1	0.12
<i>Lamiaceae</i>	1	0.12

<i>Polygonaceae</i>	1	0.12
<i>Salicaceae</i>	1	0.12

Die häufigsten Arten, die wir im Fell fanden, waren die Samen von *Agrimonia eupatoria* (Kleiner Odermennig), *Geum urbanum* (Echte Nelkwurz), *Galium aparine* (Klettenlabkraut), *Holcus lanatus* (Wolliges Honiggras) und *Daucus carota* (Wilde Möhre). All diese Samen haben hakige Anhängsel, verlängerte Griffel oder eine lange Granne. Aber auch Samen ohne Anhängsel und mit glatter Samenoberfläche konnten im Fell gefunden werden. So zum Beispiel, *Allium oleraceum* (Gemüse-Lauch) oder *Clinopodium vulgare* (Gewöhnlicher Wirbeldost; siehe Tab. 3).

Insgesamt wurden bei den drei Versuchsdurchführungen die Samen von 19 verschiedenen Pflanzenarten im Fell der Schafe gefunden. Die meisten im Fell transportierten Pflanzenarten stammen aus der Familie der Süßgräser (*Poaceae*, siehe Tab. 5).

Tab. 5: Anteil der Arten (n=19) in den verschiedenen Pflanzenfamilien

Familie	Anzahl [n]	Häufigkeit [%]
<i>Poaceae</i>	8	42.11
<i>Rosaceae</i>	2	10.53
<i>Rubiaceae</i>	2	10.53
<i>Alliaceae</i>	1	5.26
<i>Apiaceae</i>	1	5.26
<i>Asteraceae</i>	1	5.26
<i>Dipsacaceae</i>	1	5.26
<i>Lamiaceae</i>	1	5.26
<i>Polygonaceae</i>	1	5.26
<i>Salicaceae</i>	1	5.26

Erkenntnis 3: Lämmer transportierten insgesamt mehr Samen und mehr Pflanzenarten im Fell

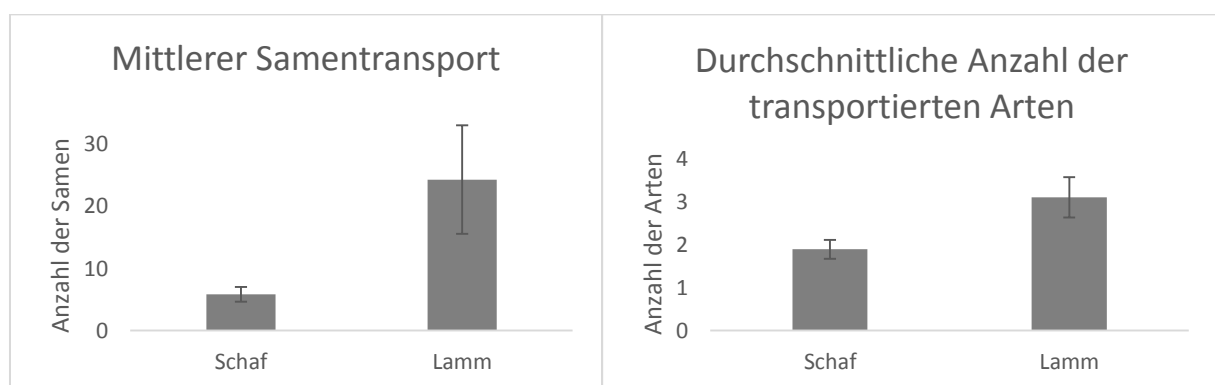


Abb. 21: Durchschnittliche Samen- und Artenaufnahme in allen Versuchen (Juli, August und September). Lämmer tragen mehr Samen und signifikant mehr Arten ($p = 0.003$, t-Test) im Fell; die Fehlerbalken zeigen die jeweiligen Standardfehler

Im Mittel waren 6 bzw. 24 Samen von durchschnittlich 2 bzw. 3 Pflanzenarten auf jeweils einem Schaf bzw. einem Lamm zu finden (Untersuchungszeitraum von vier Tagen, gemittelt aus den drei Versuchsdurchführungen, siehe Abb. 21).

Erkenntnis 4: In längerer Wolle bleiben mehr Samen und mehr Arten haften als in kurzer Wolle (siehe Abb. 22)

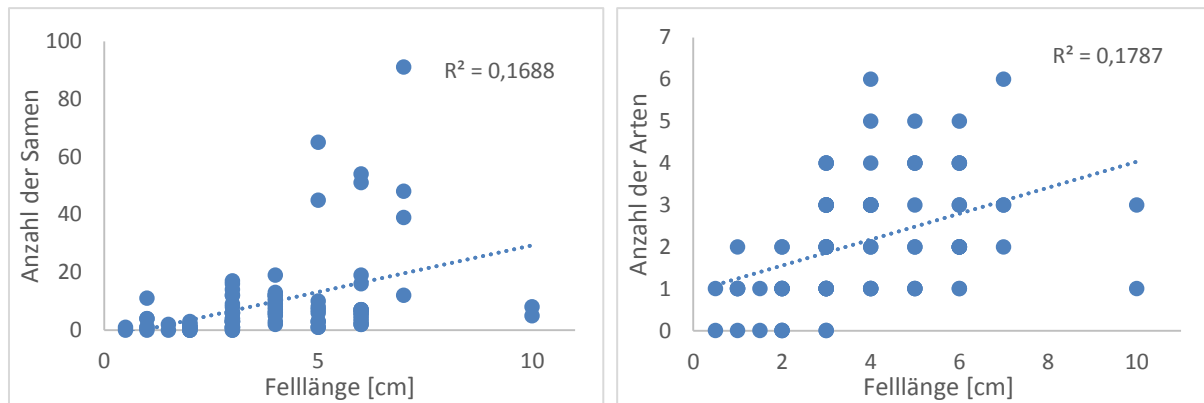


Abb. 22: Anzahl der Samen (links) und Anzahl der Arten (rechts) aufgetragen gegen die Wolllänge (cm); R^2 gibt das Bestimmtheitsmaß an

Erkenntnis 5: Im September wurden die meisten Samen im Fell gefunden (> Aug > Jul)

Obwohl im August mehr Pflanzenarten in Frucht standen, fanden wir im September mit 591 deutlich mehr Samen im Fell der Schafe. Im Juli zählten wir die wenigsten Samen in der Wolle der Tiere (siehe Tab. 6).

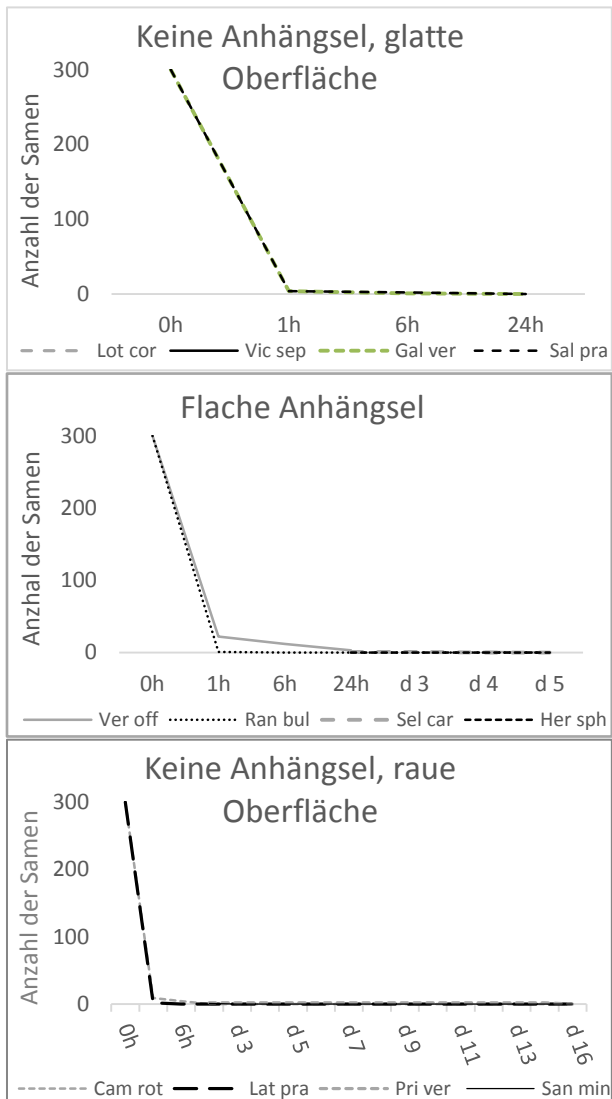
16,2-28,6 % der in der Vegetation fruchtenden Arten wurden im Fell wiedergefunden.

Tab. 6: Anzahl der Samen und Arten im Fell und der in der Vegetation fruchtenden Arten für die verschiedenen Versuchsdurchführungen im Juli, August und September

Anzahl der:	Juli	August	September
Samen im Fell	100	266	591
Arten im Fell	9	11	11
in der Vegetation fruchtenden Arten	26	37	28

Samenverlust aus dem Schaffell und der Einfluss der Samenmorphologie

Erkenntnis 6: 38 % der Samenarten wurden schon am ersten Tag verloren (siehe Abb. 23)
 – Samen ohne Anhängsel mit glatter und rauer Oberfläche und Samen mit flachen Anhängseln



Innerhalb der ersten fünf Tage waren bereits 67 % der Arten aus dem Fell gefallen und bis zu Tag 63 waren es 91 %. Zwei Arten blieben über den Untersuchungszeitraum hinweg im Fell haften – die Samen von *Calendula arvensis* (Acker-Ringelblume) und von *Agrimonia eupatoria* (Kleiner Odermennig), beides Samen mit hakigen Anhängseln (siehe Abb. 25 rechts: Cal arv und Agr eup). Die vier untersuchten Samen mit glatter Oberfläche fielen alle innerhalb der ersten Stunde ab (siehe Abb. 23), auch Samen mit rauer Oberfläche und flache Samen gingen schnell verloren (max. 16 bzw. 5 Tage). Grassamen (siehe Abb. 25 links) und Samen mit hakigen Anhängseln oder verlängerten Griffeln (siehe Abb. 25 rechts) hingegen hatten die längste Haftdauer, lösten sich nach vier bis 63 Tagen aber zu großen Teilen auch aus dem Fell.

Abb. 23 Anzahl der Samen ohne (glatte und raue Oberfläche) oder mit flachen Anhängseln im Fell im Zeitverlauf eines Tages (oben), von 5 Tagen (unten) und 16 Tagen (Mitte). Lot cor = *Lotus corniculatus*, Vic sep = *Vicia sepium*, Gal ver = *Galium verum*, Sal pra = *Salvia pratensis*, Cam rot = *Campanula rotundifolia*, Lat pra = *Lathyrus pratensis*, Pri ver = *Primula veris*, San min = *Sanguisorba minor*, Ver off = *Veronica officinalis*, Ran bul = *Ranunculus bulbosus*, Sel car = *Selinum carvifolia*, Her sph = *Heracleum sphondylium*; d = Tage



Abb. 24: Markierte Samen im Fell; links: *Agrimonia eupatoria* (Kleiner Odermennig); rechts: *Brachypodium sylvaticum* (Wald-Zwenke; Fotos SVENJA MUNCCK

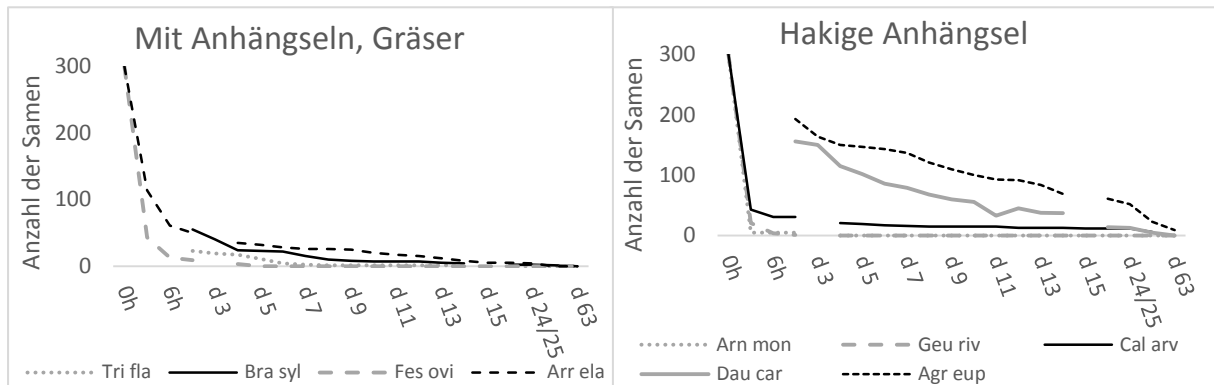


Abb. 25: Anzahl der Samen im Fell im Verlauf von 63 Tagen. Tri fla = *Trisetum flavescens*, Bra syl = *Brachypodium sylvestris*, Fes ovi = *Festuca ovina*, Arr ela = *Arrhenatherum elatius*, Arn mon = *Arnica montana*, Geu riv = *Geum rivale*, Cal arv = *Calendula arvensis*, Dau car = *Daucus carota*, Agr eup = *Agrimonia eupatoria*; Tage an welchen nicht gezählt wurde, werden mit Lücken dargestellt; d = Tage

b) Abweichungen zwischen Projektplan und Ergebnissen

Eine Auflistung der einzelnen Arbeitspakete, das Erreichen oder Nichterreichen des geplanten Meilensteins sowie das Datum des Erreichens zeigt die folgende Tabelle:

Tab. 7: Arbeitspakete mit Meilensteinen

Arbeitspaket	Beschreibung	Meilenstein erreicht	Datum
AP 1	Einrichten der OG	Ja	09/16
AP 2	Management und Koordination	Ja	09/18
AP 3	Methodenentwicklung und Geodatenmanagement		
AP 3.1	Literaturrecherche und Kriterienerarbeitung	Ja	03/17
AP 3.2	Aufbau einer Geodatenbank	Ja	01/17
AP 3.3	Geodatenbasierte Analysen	Ja	03/18
AP 4	Vor-Ort-Arbeiten		
AP 4.1	Datenergänzung und Vor- Ort- Kartierung	Ja	07/17
AP 4.2	Biotopkartierung und floristische Beschreibung	Ja	09/17
AP 4.3	Organismen- und Diasporenerfassung	Ja	05/18
AP 4.4	Routenvalidierung	Ja	05/18
AP 4.5	Nutzungsvereinbarungen mit den Flächeneigentümern	Nein	12/17
AP 4.6	Ökologische und Ökonomische Entwicklungspotentiale durch Beweidung	Ja	12/17
AP 5	Öffentlichkeitsarbeit		
AP 5.1	Kommunale und regionale Entwicklungspotentiale	Ja	06/18
AP 5.2	Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung	Ja	06/18
AP 5.3	Bezug zu den Schäfern und Betriebliche Projektschulung	Ja	09/17
AP 6	Evaluierung und Dokumentation		
AP 6.1	Dokumentation Arbeitsaufwand Schäfer	Ja	12/17
AP 6.2	Erfahrungsaustausch mit den Schäfern	Ja	06/18
AP 6.3	Erfahrungsaustausch auf kommunaler Ebene	Ja	06/18
AP 6.4	Vergleich geplanter und realisierter Routen und Flächen	Ja	06/18
AP 7	Abschlussbericht	Nein, verspätet	09/18

Erläuterungen zu AP 4.5: Nutzungsvereinbarungen mit den Flächeneigentümern

Die geplanten Beweidungsstrategien wurden im Projektverlauf an das entwickelte Versuchsdesign angepasst. Das bedeutete, dass die Projektherde nur auf genehmigte Flächen geführt wurde, um die Samenanalysen durchzuführen. Dadurch wurden stabilerer Ergebnisse erzielt.

Erläuterungen zu AP 7: Abschlussbericht

Die Erstellung des Abschlussberichtes verzögerte sich auf Grund der Projektverlängerung, der durchgeführten Prüfungen durch die ADD sowie durch die verzögerte Auszahlung der Fördergelder.

c) Projektverlauf (Fotodokumentation)

Der Projektverlauf wird anhand der folgenden chronologisch geordneten Fotos mit aussagekräftigem Beschriftungstitel dokumentiert:



Abb. 26: Schaftrieb von GÜNTHER CZERKUS mit mitgeführtem GPS-Logger am 29.03.2017. Foto: CHRISTIAN KOTREMB, IfA



Abb. 27: Gemähtes semi-Extensivgrünland bei der Vor-Ort-Validierung am 14.06.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 28: Vor-Ort-Besprechung der Mitglieder der OG an einem Extensivstandort am 15.06.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA.



Abb. 29: Für das Experiment nummerierte Schafe im Juni 2017. Foto: PATRICIA KRICKL, UR



Abb. 30: Pflanzensamen im Schaffell im Juni 2017. Foto: PATRICIA KRICKL, UR



Abb. 31: Intensive Mähwiese bei der Vor-Ort-Validierung am 14.06.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 32: Zur Diasporenkontrolle ausgewählte Schafe am 13.07.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 33: KATRIN MAGIN, MARKUS DIETZ und KLAUS ULLRICH (v.l.n.r.) bei der Vor-Ort-Validierung der ermittelten Grünländer am 25.07.2017. Foto: CHRISTIAN KOTREMB, IfA



Abb. 34: Intensive Mähwiese von MARKUS DIETZ bei der Vor-Ort-Validierung am 25.07.2017. Foto: CHRISTIAN KOTREMB, IfA



Abb. 35: Vor-Ort-Validierter Extensivstandort am 31.07.2017. Foto: MARTIN SEIPP, IfA



Abb. 36: Vor-Ort-Validierter semi-extensiv Standorts am 31.07.2017. Foto: MARTIN SEIPP, IfA



Abb. 37: Vor-Ort-Begehung eines Intensivstandorts am 01.08.2017. Foto: CHRISTIAN KOTREMB, IfA



Abb. 38: Diasporenkontrolle im Schaffell am 12.08.2017. Foto: PATRICIA KRICKL, UR



Abb. 39: Diasporenkontrolle im Schaffell am 13.08.2017. Foto: PATRICIA KRICKL, UR



Abb. 40: Schäfer GÜNTHER CZERKUS mit der Projektherde am 17.09.2017, Foto: PATRICIA KRICKL, UR



Abb. 41: Schäfer GÜNTHER CZERKUS mit der Projektherde am 17.09.2017, Foto: PATRICIA KRICKL, UR

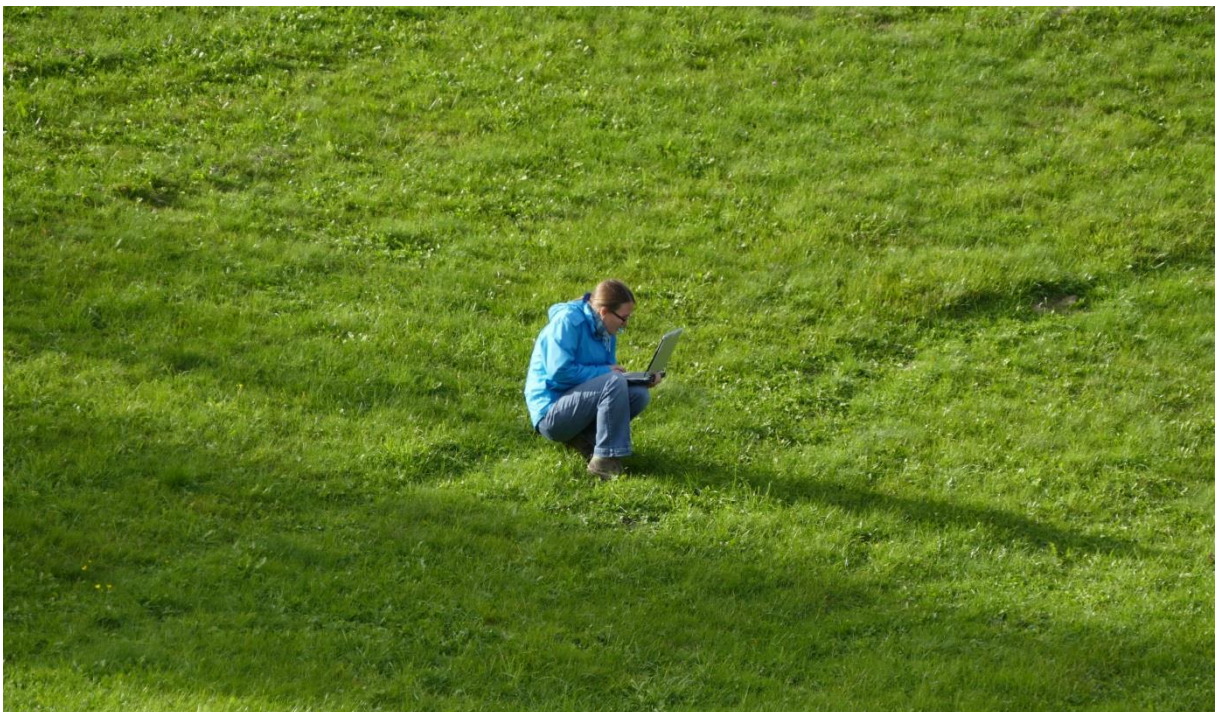


Abb. 42: KATRIN MAGIN bei der Vor-Ort-Validierung der ermittelten Grünländer am 18.09.2017. Foto: CHRISTIAN KOTREMBÄ, IfA



Abb. 43: Vor-Ort-Validierter Mischstandort (intensiv und extensiv) am 18.09.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 44: Extensivgrünland (Bildmitte) bei der Vor-Ort-Validierung am 18.09.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 45: Semi-Extensivgrünland bei der Vor-Ort-Validierung am 18.09.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 46: Intensivgrünland bei der Vor-Ort-Validierung am 18.09.2017. Foto: KLAUS ULLRICH, IfA



Abb. 47: GÜNTHER CZERKUS referiert beim Projektkolloquium in Bitburg am 17.11.2017. Foto: MARK DEUBERT, IfA



Abb. 48: Abschlussveranstaltung am 11.09.2018 in der Kreisverwaltung Bittburg. Foto: MARK DEUBERT, IfA

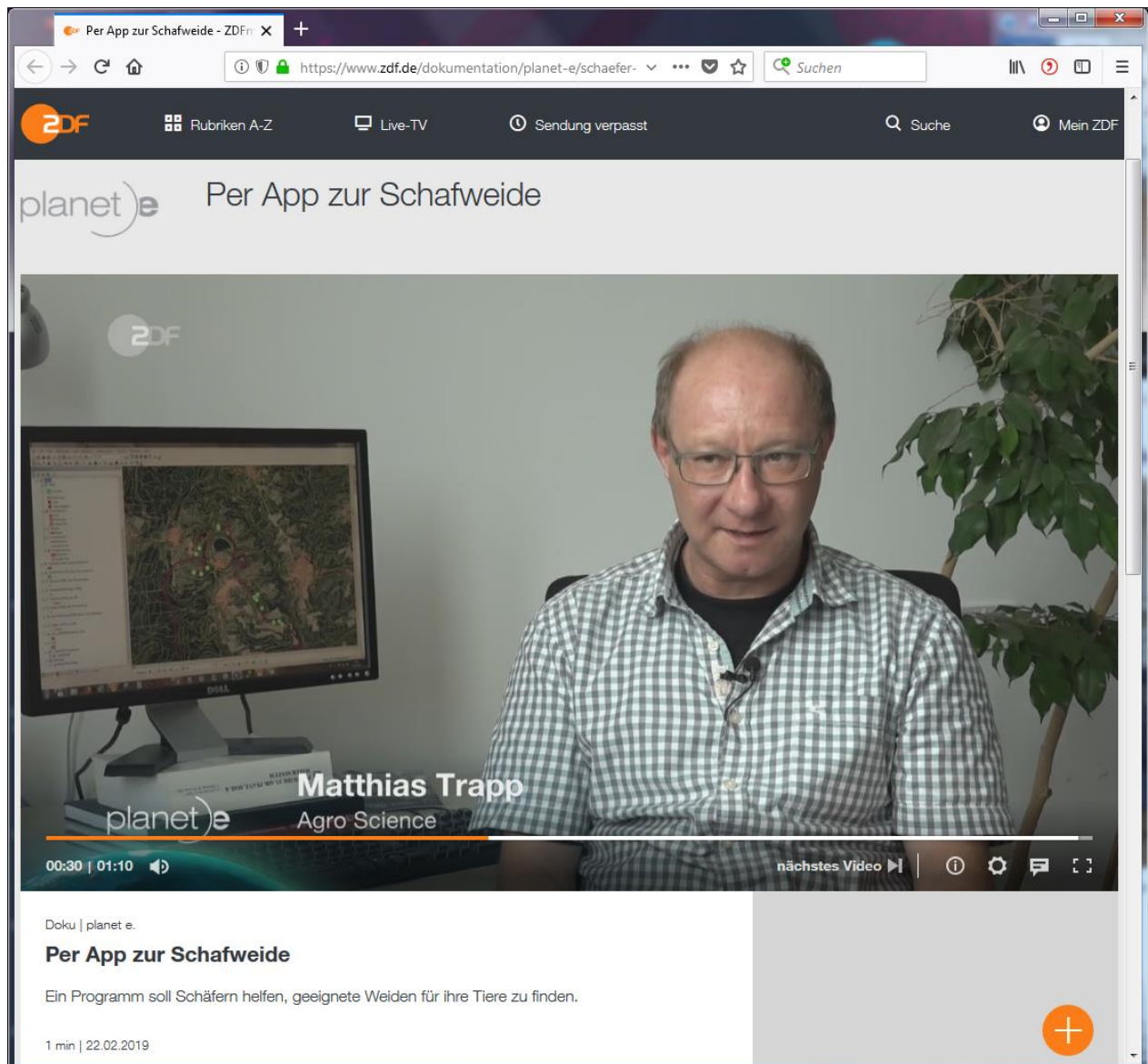


Abb. 49: Interview von MATTHIAS TRAPP für die ZDF Doku-Reihe „planet e.“ in Neustadt/Wstr. am 21.09.2018. Screenshot vom 22.05.2019: <https://www.zdf.de/dokumentation/planet-e/schaefer-in-not-clip-100.html>

d) Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP Zielen

„Zur Förderung der Innovation in den Bereichen Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft wurde für die neue EU-Förderperiode 2014 - 2020 das Instrument der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) entwickelt. Die EIP versteht sich als dynamische Schnittstelle zwischen der Wissenschaft und der praktischen Umsetzung von innovativen Ansätzen und soll neue Strukturen für einen effizienten Wissenstransfer schaffen. Forscher und Landwirte sollen enger zusammengebracht werden, um den Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis zu beschleunigen. Gleichzeitig sollten damit Rückmeldungen zu den Anforderungen und Bedürfnissen aus der landwirtschaftlichen Praxis an die Wissenschaft schneller und konsequenter erfolgen.“ (Auszug: <https://www.eler-eulle.rlp.de>).

Das abgeschlossene Forschungsvorhaben „Vernetzung verinselter Biotope“ konnte die oben genannten Ziele weitgehend umsetzen. Die OG, bestehend aus dem gemeinnützigen Forschungsinstitut RLP AgroScience, dem Bundeverband der Schäfer sowie der Schäferei Czerkus

arbeite konstruktiv und innovativ zusammen, um die bestehenden Herausforderungen der Wanderschäfer, die oben beschrieben wurden, zu verbessern und den Wanderschäfern neue Möglichkeiten und Perspektiven aufzuzeigen.

Das Forschungsinstitut RLP AgroScience wiederum konnte neben wissenschaftlichen und „grauen“ Publikationen sowie der Betreuung einer Masterarbeit neue Methoden des maschinellen Lernens entwickeln und zudem wichtige Erkenntnisse über die aktuelle Situation der Wanderschäfererlerne, insbesondere im aktuellen Kontext des Verlustes an Habitaten und Vernetzungsstrukturen auf Landschaftsebene.

Weiterhin konnte die OG die Zusammenarbeit mit anderen OGs nutzen, z.B. mit Teilen der OG des EIP-Vorhabens „MUNTER: Entwicklung eines Managementsystems für Landwirte und Kommunen für mehr Umwelt- und Naturschutz durch einen optimierten Energiepflanzenanbau“ wurden Gespräche geführt. Vor allem die innerhalb von MUNTER betrachteten und simulierten Agroforstsystemen könnten zur Vernetzung von Weideflächen gezielt in den Landschaftskontext eingebettet werden, da sie für Schafe durchlässig sind und teilweise auch Futterquellen bieten. Da innerhalb von MUNTER auch geodatenbasierte Methoden angewandt werden, wäre eine effiziente Datenkopplung und Kompatibilität gegeben.

e) Nebenergebnisse

Alle Ergebnisse sind in dem Abschlussbericht und auf der Projekthomepage sowie den jeweiligen Veröffentlichungen genannt. Es liegen keine weiteren Nebenergebnisse vor.

f) Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Auf organisatorischer Seite war die Kommunikation mit den sich im Rahmen ihrer Berufstätigkeit ständig in der offenen Landschaft bei schlechter Mobilfunkabdeckung aufhaltenden Schäfern häufig nur verzögert möglich. Außerdem erschwerte die Erreichbarkeit (v.a. Unwegsamkeit des Geländes über schlechte oder ungepflegte Feldwege) der im Gelände zu verifizierenden Grünländer (nach extensiv, semi und intensiv) zur Validierung des Machine Learning Algorithmus das Vorhaben.

V. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Wichtige Parameter zur Grünlandklassifizierung

Als wichtigste Parameter zur Klassifizierung von Grünland hinsichtlich seiner Nutzungsintensität wurden das Minimum des NDVI (Normalized Vegetation Index, siehe Kap. B.2.b.), die mittlere Hangneigung [in °], der Verbuschungsanteil, der mittlere MRVBF (Multiresolution Valley Bottom Flatness Index, siehe Kap. B.2.b.), die mittlere Vegetationshöhe, das Maximum des NDVI, die Standardabweichung der Hangneigung [in°] und das Maximum der potentiellen topographischen Sonneneinstrahlung, siehe Kap. B.2.b. identifiziert. Boxplots (Abb. 50) veranschaulichen, wie sich diese Parameter in den Trainingsdaten hinsichtlich der verschiedenen Nutzungsintensitätsklassen des Grünlandes (Potentialflächen) verteilen.

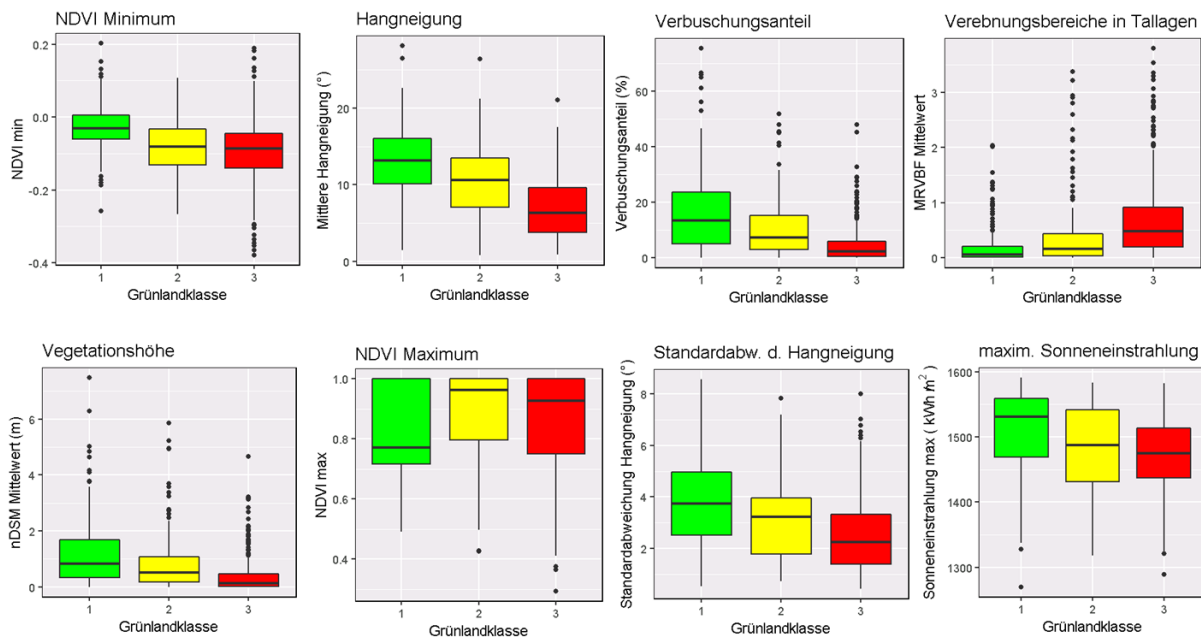


Abb. 50: Boxplots mit den wichtigsten Parametern der in Abhängigkeit zur Grünland-Nutzungsintensitätsklasse

Der Boxplot 1 „NDVI Minimum“ verdeutlicht, dass das Minimum des NDVI bei den als Extensivgrünland (Klasse 1) eingestuft Trainingsdaten generell höher ist, als bei den Klassen 2 (Semi-Extensivgrünland) und 3 (Intensivgrünland), während das Maximum des NDVI (Boxplot 6) bei Extensivgrünland im Mittel niedriger ist als bei den anderen beiden intensiveren Nutzklassen. Gründe hierfür können bspw. in der geringeren Mähhäufigkeit oder an der geringeren Beweidungsintensität auf extensivem Grünland liegen. Die Wahrscheinlichkeit, dass kurz nach dem Mähen oder der intensiven Beweidung ein Luftbild aufgenommen wurde, was zu niedrigen NDVI-Werten führt, die auf der Grundlage dieses Bildes berechnet werden, ist bei Aufnahmen des Intensivgrünlandes höher als bei extensivem Grünland. Umgekehrt ist vor dem Mähen die Produktivität auf gedüngtem Intensivgrünland höher als auf extensivem Grünland, was zu höheren maximalen NDVI-Werten für Intensivgrünland führt.

Die mittlere Hangneigung [in °] (Boxplot 2) nimmt von extensivem zu intensivem Grünland ab. Dies war zu erwarten und entspricht den Erkenntnissen von NORDERHAUG et al. 2000 und BARRETT et al. 2014, die vor allem an steilen Hängen extensives Grünland vorfanden. Je steiler der Hang, desto schwieriger ist der Einsatz von Maschinen und desto weniger lukrativ ist dessen Intensivierung. Deshalb verbleiben in der heutigen Kulturlandschaft an steilen oder stark reliefierten Hängen häufig isolierte, extensiv genutzte Grünlandflächen übrig. Die Standardabweichung der Hangneigung [in °] nimmt ebenfalls von extensivem zu intensivem Grünland ab, was darauf hindeutet, dass Intensivgrünland häufig ein eher homogeneres Relief aufweist als Extensivgrünland. Ein homogeneres Relief führt im Allgemeinen zu einer Erleichterung des Arbeitens durch den Maschineneinsatz.

Auch der Verbuschungsanteil (Boxplot 3) zeigt auf den Trainingsflächen ein klares Muster, das von einem hohen Anteil der Sukzession auf Extensivgrünland zu einem geringen Anteil der Sukzession auf Intensivgrünland abnimmt. Auf Grünland mit geringer Nutzungsintensität können sich verstärkt typische Verbuschungsindikatoren (bspw. Schlehen, Brombeere, Ginster) ausbilden, während sie auf

Intensivgrünland aufgrund dessen hohen Nutzungsdruckes (bis 6-schurige Mahd) praktisch keinerlei Aufwuchsmöglichkeiten besitzen. Gleichmaßen nimmt die durchschnittliche Vegetationshöhe, hier aufgeführt durch das nDSM-Mittel (Boxplot 5), von extensiv zu intensiv genutztem Grünland ab. Die typischen Verbuschungsstrukturen führen im Mittel zu einer höheren Vegetationshöhe auf Extensivgrünland.

Der gemittelte MRVBF (Multiresolution Valley Bottom Flatness Index, siehe Kap. B.2.b.) nimmt von Extensivgrünland zu Intensivgrünland zu (vgl. Boxplot 4). Ein hoher mittlerer MRVBF-Wert zeigt an, dass sich das Grünland in verebneten Talauenbereichen befindet. Demnach befinden sich im Untersuchungsgebiet viele intensiv genutzte Grünlandflächen in Talauenbereichen. Dieses Landnutzungsmuster mit einer intensiven Nutzung in den Talböden ist standörtlich recht häufig vorzufinden und wurde auch in anderen Regionen beobachtet, z.B. in Südnorwegen (NORDERHAUG et al. 2000), Nordostitalien (GIUPPONI et al. 2006) und in den spanischen Pyrenäen (GARCIA-RUIZ et al. 1996). Dies hängt damit zusammen, dass die standörtlichen Gegebenheiten in Talauenbereichen meist feucht sind und hierdurch eine größere Biomasse produziert werden kann, wodurch diese Flächen meist intensiv genutzt werden. Extensiv genutzte Grünlandflächen, welche häufig in Hanglagen liegen, weisen demnach niedrigere mittlere MRVBF-Werte auf.

Das Maximum der potentiellen topographischen Sonneneinstrahlung ist bei extensiv genutztem Grünland am höchsten und nimmt mit zunehmender Nutzungsintensität ab (vgl. Boxplot 8). Die mittels DGM errechnete potentielle top. Sonneneinstrahlung weist die höchste Sonneneinstrahlung auf geneigten Südhängen aus. Wichtige trockene Grünlandbiotope auf Extensivgrünland, wie bspw. Halbtrocken- und Trockenrasen, Kalkmagerrasen oder Enzian-Schillergras-Rasen befinden sich an sonnenexponierten Südhängen. Eine vergleichende Studie zu traditionellen extensiven Heuwiesen in Norwegen ergab, dass fast alle extensiven Wiesen eine südliche Exposition aufgewiesen haben (NORDERHAUG et al. 2000). Diese Ergebnisse lassen sich auch auf mitteleuropäische Verhältnisse extrapolieren.

Schafe übernehmen wichtige Dienste für den Naturschutz

Rund zwei Millionen Samen können in einer Vegetationsperiode mit Hilfe einer Herde aus 500 Schafen und Lämmern vertragen werden. Vor allem Samen mit hakigen Anhängseln, Samen mit verlängerten Griffeln und Grassamen zeigten hohe Haftraten in der Schafwolle. Aber auch Pflanzen mit glatten Samen ohne Anhängsel werden über Schafe ausgebreitet (siehe Tab. 3). FISCHER et al. 1996 konnten ebenfalls zeigen, dass durch Schafe Samen jeglicher Morphologie transportiert werden. Dies bedeutet: Schafe übernehmen für viele Pflanzen eine sehr wichtige Rolle in der Ausbreitung und leisten somit einen großen Beitrag für die Biodiversität unserer Landschaften. Neben der Ausbreitung von Pflanzenarten in neue potentielle Habitate wird der Genfluss zwischen Pflanzenpopulationen ermöglicht und genetischer Verarmung und Inzuchteffekten entgegengewirkt (STORCH et al. 2001).

Um den Erfolg der Ausbreitung zu optimieren, sollte man jedoch die zeitlichen und räumlichen Abstände zwischen den Flächen an die Haftdauer der Samen anpassen. Möchte man zum Beispiel eine Art mit glatten Samen schützen, sollte der räumliche und zeitliche Abstand zwischen zwei Weiden mit ähnlichen Umweltbedingungen optimalerweise gering sein, sodass die Samen in Gebiete mit für sie gute Keimungsbedingungen gelangen können.

Besonders Lämmer sind gute „Biodiversitätstaxis“ (siehe Abb. 21), da sie wegen ihrer geringeren Größe mehr Samen auf Pflanzenhöhe „absammeln“ können. Dies ist insbesondere in trockenen

Jahren von großem Vorteil, da die Vegetation in solchen Jahren sehr kleinwüchsig ist und größere Schafe die Ausbreitung weniger effizient übernehmen könnten.

Nicht nur die Größe der jungen Schafe mag der Grund für die guten Ergebnisse sein, auch das flauschige Wollkleid der Lämmer dürfte hier eine Rolle spielen. Denn in langer Wolle werden mehr Samen transportiert (Abb. 22) und die Lämmer wurden im selben Jahr noch nicht geschoren, da sie zum Zeitpunkt der Schur noch zu jung waren.

Die erhobenen Daten zeigen, dass im September die meisten Samen im Fell aufgenommen wurden, obwohl die Zahl der fruchtenden Arten im August am höchsten war (siehe Tab. 6). Allerdings haben die Samen von *Agrimonia eupatoria* (Kleiner Odermennig) im September einen großen Anteil (84%) der insgesamt im Fell gefundenen Samen ausgemacht. Im September haben mehr Individuen von *Agrimonia eupatoria* gefruchtet als im Juli oder August, was das hohe Aufkommen der Samen im Fell erklärt. Hinzu kommt, dass diese Art nicht nur viele, sondern auch gut haftende Samen produziert.

Es zeigt sich, dass der Zeitpunkt im Jahr eine große Relevanz für die Zahl der im Fell transportierten Samen hat. Je nach Jahreszeit sind unterschiedlich viele Pflanzenarten in Samenreife und werden somit unterschiedlich viele Samen in der Wolle transportiert. Man könnte den Zeitpunkt des Herdenzugs folglich an die Samenreife der Pflanzen anpassen. Besonders wertvolle und artenreiche Flächen könnte man zum Beispiel im Spätsommer beweiden, wenn die meisten Arten fruchten. Denkbar wäre auch, eine Fläche mehrmals im Jahr zu beweiden. Auf diese Weise werden zu unterschiedlichen Jahreszeiten je nach Samenreife die Samen unterschiedlicher Arten aus der Fläche transportiert. Generell lässt sich sagen, je nach Lebensraum gibt es im Jahresverlauf optimale Zeitpunkte der Beweidung und diese könnte man im Beweidungsplan für das Jahr berücksichtigen.

Knapp 40 % der farbig markierten und künstlich aufgetragenen Samen gingen schon am ersten Tag verloren und an Tag fünf waren es schon 66 % (siehe Abb. 23). Das heißt innerhalb der ersten Stunden fällt ein großer Teil der Samen aus dem Fell heraus. Dieses Phänomen lässt sich leicht erklären. Denn betreten Schafe eine neue Fläche, erkunden sie diese erst einmal. So werden aufgesammelte und nur locker im Fell haftende Samen an den noch hohen, aufrechtstehenden Halmen der Pflanzen abgestreift - Transportdistanzen bleiben daher für viele Arten und Samen kurz. Nach einiger Zeit kommen die Schafe zur Ruhe, die verbleibenden Samen graben sich tiefer in die Wolle und können so viele Tage, über zwei Monate, im Fell verbleiben und mit den Schafen große Strecken zurücklegen. Die Haftdauer im Fell der Schafe könnte man folglich verbessern, würde man die Tiere nicht auf einer Fläche pferchen, sondern mit ihnen ziehen, sie also hüten. Die Schafe laufen dann gleichmäßig durch die Weide und treten beinahe keine Pflanzen mehr um (GÜNTHER CZERKUS, April 2018). Die Samenaufnahme kann also die gesamte Fresszeit über andauern und der Samenverlust wird verlangsamt, sodass der Ausbreitungsradius einer Pflanzenart vergrößert werden kann. Hüten hätte zusätzlich den Vorteil, dass die Nährstoffe aus einer Fläche getragen werden und der zunehmenden Eutrophierung von Flächen entgegengewirkt werden kann. Schafe nehmen durch Beweidung viel Biomasse aus der Fläche, geben aber nur wenig wieder zurück. Da sie beim Ziehen nur kurze Zeit an einer Stelle bleiben, ist der Nährstoffeintrag durch Kot auf diesem Gebiet sehr gering (GÜNTHER CZERKUS, Juni 2018). Erst im Nachtpferch wird die Hauptlast des Kotes abgegeben, was früher beispielsweise für die gezielte Düngung von Äckern genutzt wurde (RECKFORT 1994).

Da die Samen von Pflanzen artspezifische Bedingungen zum Keimen benötigen, wie zum Beispiel gewisse Nährstoffgehalte, eine bestimmte Bodenfeuchte, Licht oder Offenboden, kann der Schäfer auch die Flächeneigenschaften in seine Überlegungen zu Wanderrouten mit einbeziehen. Beweidet der Schäfer gerade eine Fläche, die zum Beispiel nährstoffarm, trocken und dadurch lückig ist, sollte

die nächste Fläche, die beweidet wird ähnliche Voraussetzungen erfüllen. Arten, die auf solchen Flächen wachsen, sind an die widrigen Bedingungen angepasst und würden auf nährstoff- und biomassereichen Weiden von dominanten, schnellwüchsigen und klonalen Arten verdrängt werden. Auch macht es Sinn, schützenswerten Lebensräumen keine Beweidung auf Intensivgrünland, einer Hochstaudenflur oder einem Acker folgen zu lassen. Beispielsweise herrschen auf letzterem durch das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln und Düngern für die meisten Arten widrige Keimungs- und Wuchsbedingungen und ein dorthin gebrachter Same hätte keine Chance zu keimen.

Will man obere Ergebnisse für eine bessere Beweidung zum Schutz der Artenvielfalt nutzen, gilt also:

- Es werden Samen jeglicher Morphologie ausgebreitet – Samen mit Anhängseln aber besonders gut. Will man also bestimmte Arten schützen, sollte man auch die Samenmorphologie berücksichtigen, wenn es darum geht die Erfolgsaussichten von Naturschutzmaßnahmen zu bewerten.
- Ganzjährig viele Lämmer in der ziehenden Herde sind besonders günstig für die Ausbreitung besonders vieler Pflanzenarten, vor allem in trockenen Jahren.
- Gerade Schafe mit langer Wolle sind vielversprechende „Biodiversitätstaxis“.
- Besonders wertvolle und artenreiche Flächen sind am besten im Spätsommer (oder wenn die meisten wertvollen Arten in dem Lebensraum fruchten) zu beweiden.
- Um möglichst viele Samen von einer Fläche auf eine andere zu bringen, ist es optimal das beweidete Gebiet schon nach einem Tag zu verlassen. So können auch Samen, die nur locker im Fell hängen, ausgebreitet werden.
- Hüten und ein konstantes Weiterziehen eignen sich hervorragend für eine optimale Samenausbreitung, da die Tiere ständig in Bewegung sind, aber Samen nicht durch „unnötiges“ Herumstreifen verlieren. Samen haben somit die Möglichkeit über größere Distanzen ausgebreitet zu werden.
- Im Beweidungsplan die Beweidung neuer Lebensräume abhängig machen von dem zuvor beweideten Lebensraum.

Betrachtet man die hohen Zahlen der im Fell aufgenommenen Samen, darf man natürlich nicht vergessen, dass weitere transportierte Samen hinzukommen, da zusätzlich sowohl durch die Klauen, als auch den Kot Samen ausgebreitet werden. So fanden zum Beispiel MOUISSIE et al. 2005 etwa 1000 lebensfähige Samen von 31 Arten in 1 kg trockenem Kot. Da die Samen bis zu 72 h im Verdauungstrakt der Tiere verbleiben, können Pflanzen auch auf diese Weise über lange Distanzen ausgebreitet werden (MANZANO et al. 2005). Ein weiterer Vorteil wird bei der Ausbreitung mit dem Kot ersichtlich. Die Samen gelangen schon in einer idealen Umgebung in eine neue Fläche. Bei einigen Arten dient der nährstoffreiche Dung als Starthilfe für die Keimung, sodass der Keimling durch schnelleres Wachstum Vorteile gegenüber Konkurrenten erhält.

Aber nicht nur Pflanzen nutzen Schafe für ihre Ausbreitung. Auch Tiere, vor allem Grashüpfer, werden mit den Schafen transportiert. Diese bleiben nach FISCHER et al. 1996 bis zu 69 Minuten auf dem Fell und können so weit über 500 Meter zurücklegen.

Allerdings sind Schafe nicht allein Taxis für Pflanzen und Tiere. Sie übernehmen auch Funktionen, die in Artenschutzprogrammen oder in der Landschaftspflege normalerweise in den Aufgabenbereich des Menschen fallen würden. Durch Beweidung werden konkurrenzstarke Pflanzen zurückgedrängt, welche den Keimlingen anderenfalls Licht und Platz nehmen würden. Das heißt, die Schafe sorgen durch ihre Beweidung für ein Gleichgewicht zwischen konkurrenzstarken und konkurrenzschwächeren Pflanzenarten und damit für eine deutlich erhöhte Artenvielfalt (*Intermediate Disturbance Hypothesis* (IDH), CONNELL 1977). Zudem sorgen die Tritte der Schafe für

freie Stellen in der Vegetationsdecke, sodass die Samen auf Offenboden fallen und die Keimung ermöglicht wird. Ausgebrachte Samen werden darüber hinaus mit den Klauen im Boden festgetreten, was die Keimung vieler Samen ebenfalls erleichtert. Elementar ist, dass überflüssige Nährstoffe durch die Beweidung aus den Flächen genommen werden. Vor allem durch Eintrag von Luftstickstoff in den Boden, aber auch zunehmenden Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft (www.lfu.bayern.de), ging durch Eutrophierung die Qualität von Magerrasen in den letzten Jahren stark zurück. Bei ausbleibender Pflege bedeutet der Zerfall von stehengebliebenem Pflanzenmaterial einen weiteren stetigen Nährstoffeintrag in die Fläche, ohne dass der Stickstoff wieder abgeführt werden kann. Schafe nehmen die Biomasse bei der Hut jedoch aus den Flächen, und geben den Hauptteil als Kot erst in den Nachtpferchen wieder ab. Auf diese Weise kann bei extensiver Beweidung eine eutrophierte Fläche nach nur wenigen Jahren verbessert werden und der Artenreichtum wieder zunehmen.

In der Landwirtschaft könnten Schafe den Düngemiteleinsatz reduzieren. Im Winter weiden die Tiere häufig auf abgeernteten Äckern. Pfercht man nun und lässt die Wiederkäuer auch nachts auf diesen Feldern stehen, werden mit dem Kot nötige Nährstoffe in den Boden gegeben und düngen durch den Menschen wird überflüssig oder zumindest im geringeren Maße nötig.

Schafe sind also nicht nur für die Ausbreitung von Pflanzen und Tieren und den Erhalt ihrer genetischen Vielfalt wertvoll, sondern sorgen auch für ein Gleichgewicht zwischen konkurrenzstarken und -schwachen Pflanzen und erhalten nährstoffarme Lebensräume, wie z.B. Magerrasen. Im Natur- und Artenschutz sind also Schafe bzw. Schäfer wertvolle Helfer. Die bedeutsame Rolle des Schäfers steht in scharfem Kontrast zu den Problemen, mit welchen die Schäfer momentan zu kämpfen haben (siehe Interviews). Neben zunehmendem Fremdenverkehr, der die Flächen der Schäfer einschränkt und das Ziehen mit den Schafen erschwert, kommt auch die größer werdende Gefahr durch den Wolf, der in Deutschland in den letzten Jahren immer häufiger gesichtet wird. Vor allem aber machen den Schäfern finanzielle Probleme zu schaffen, denn die Wollpreise sind seit Jahren im Keller und eine Weidetierprämie für Schafe und Ziegen, die die mangelnde Wirtschaftlichkeit ausgleichen könnte, gibt es nicht. Es wird Zeit diese Probleme in der Gesellschaft und vor allem der Politik endlich anzuerkennen und zu lösen, um das stetige Zurückgehen der Schäferzahlen zu stoppen, um Schäfererei auch zukünftig für den Naturschutz einsetzen zu können.

Denn seit Jahrtausenden wird unsere Landschaft von Hirten geprägt. Bereits aus dem Neolithikum, 5000 v. Chr. gibt es Nachweise für Beweidung. Der erste große Boom folgte in der Bronzezeit, etwa 2000 v. Chr. (POSCHLOD 2015). Unsere Landschaft ist also seit jeher menschengepägt und die Lebensräume, die es zu schützen gilt, können in vielen Fällen am besten durch Einsatz alt bewährter Mittel erhalten werden – die extensive Beweidung zum Beispiel. Wenn wir mit den Magerrasen die artenreichsten Biotope die wir in Deutschland haben, weiter schützen und erhalten wollen, dann geht das also nur mit Hilfe der Schäfer durch deren Arbeit diese Flächen überhaupt erst entstanden sind und ohne deren Hilfe wir viele Arten und viele wertvolle Lebensräume wieder verlieren werden.

Die vorliegende Studie zeigt, dass Schafe Samen kilometerweit in ihrer Wolle transportieren, die Samenaufnahme und die Haftdauer jedoch von der Morphologie der Samen, von der Felllänge, der Größe der Tiere, der Beweidungsstrategie und der Jahreszeit abhängen. Um das Ausbreitungspotential seltener Arten über Schafe besser zu verstehen, sollten in Folgestudien Samen gefährdeter Arten näher untersucht werden. Aufgrund des besseren Verständnisses des Verhaltens der Samen im Fell könnte man dann für diese Arten konkrete Vorschläge zur optimalen Ausbreitung machen.

Nutzen durch ökonomische Bewertung der Samenausbreitung

Alle Samen, die aufgenommen wurden, wurden auch wieder abgegeben – wenn auch nach unterschiedlichen Zeiten (>95% nach 1-3h bei den Kategorien „ohne Anhängsel, glatte und raue Oberfläche bzw. mit flachen Anhängseln“, >95% spätestens nach 25 Tagen bei den Kategorien mit Anhängseln, Gräsern bzw. mit hakigen Anhängseln). Auch wenn der größte Anteil der im Schaffell gefundenen Samen (bis zu über 90% der Samen) den Kategorien mit bzw. mit hakigen Anhängseln zuzuordnen waren (siehe auch FISCHER et al. 1996), werden alle gefundenen Samen in die Berechnung einbezogen, da auch seltene und gefährdete Arten, die in konventionellen Magerrasen-Samenmischungen nie vertreten sind, in der Studie transportiert wurden.

Die Messungen von sechs entsprechenden, verfügbaren Samenmischungen von verschiedenen Samen-„Suppliern“ ergaben ein durchschnittliches Samengewicht zwischen 0,41 - 1,61mg/Samen. Der Einfachheit halber setzen wir für die ökonomische Kalkulation einen durchschnittlichen Wert von 1mg/Samen an. Damit enthält eine entsprechende Samenmischung von 1kg Gewicht 1 Million Samen. Eine Magerrasen-Samenmischung kostet im Schnitt etwa 200€/kg (ohne dass darin seltene oder gefährdete Arten enthalten sind, s.o.). Bei einer Herde von 500 Schafen und bis zu 25.000 transportierten Samen/Schaf entspricht dies 25g/Schaf bzw. bei 500 Schafen sind dies 12.500.000 Samen oder 12,5kg/Samen. Daher ist unser Vorschlag jeden Schäfer mit 5€/Schaf für die Ökosystemdienstleistung „Samenaufnahme und -transport“ bzw. „mobiler Biotopverbund“ zu entlohnen.

Durch die ökonomische Bewertung der Samenausbreitung wurde selbige überhaupt sichtbar gemacht und in Wert gesetzt, so dass damit Schäfern eine Grundlage zur adäquaten Entlohnung ihrer Dienstleistung (bzw. die ihrer Schafe) vorgelegt werden konnte.

VI. (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Die im Forschungsvorhaben erarbeiteten wissenschaftlichen Ergebnisse wurden publiziert, es gab Film- und Hörfunkbeiträge.

Die Homepage www.biodiversitaetstaxis.de enthält alle wesentlichen Inhalte des Vorhabens, inkl. der WebMaps und wird auch nach Ablauf des Projektes allen beteiligten zur Verfügung stehen.

Die im Projekt erzeugten WebMaps werden auch nach Ablauf des Projektes von der RLP AgroScience weiter gehostet und stehen allen Projektbeteiligten weiterhin zur Verfügung.

Die Schäfer können damit die generierten Ergebnisse weiterhin nutzen.

VII. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Neben der in Kapitel „B V.“ aufgezeigten monetären Bewertung des Samentransports wäre ergänzend die landespflegerische Dienstleistung der Schäfer zur adäquaten Entlohnung weiterführend miteinzubeziehen.

Über den reinen Samentransport hinaus, wäre es außerdem interessant auch die Etablierung der Keimlinge in der neuen Fläche zu studieren und festzustellen welche Bedingungen wichtige Schlüsselarten dazu benötigen. Wie erfolgreich ist in den Folgejahren die Blüten- und Fruchtbildung, die vegetative Vermehrung?

Auch das Verhalten der Schafe spielt vermutlich eine wichtige Rolle für die Haftdauer der Samen im Fell, weshalb es sich lohnen würde auch dies im Zusammenhang mit dem Samentransport zu untersuchen. Welche Auswirkungen hat zum Beispiel das Ruhen oder enge Nebeneinanderstehen auf den Halt der Samen im Fell? Spielt auch das Wetter eine Rolle bei der Samenaufnahme?

Es gibt noch viele offene Fragen, weshalb es sich empfiehlt auch in den nächsten Jahren noch weitere Untersuchungen zu diesem Thema durchzuführen, denn eine ökonomischere und einfachere Methode als der Einsatz von Schafen im Naturschutz ist schwer vorzustellen.

Bei der im Rahmen des Projekts durchgeführten Befragung von 9 Schäfern wurden zahlreiche Probleme identifiziert, deren Lösung dringend angegangen werden sollte, um den Rückgang der Schafhaltung in Form der Wanderschäferei aufzuhalten. Bei der Abschlussveranstaltung am 11.09.2018 ergaben sich noch weitere Aspekte, wie die zunehmend fehlende Verfügbarkeit der „Schafschurkolonnen“ und die zunehmenden Distanzen zu den Schlachthöfen bei gleichzeitig immer weniger verfügbaren Viehtransportern für Schafe. Hier ist die Landwirtschaftspolitik gefordert, entsprechende Lösungen zur Verfügung zu stellen. Grundsätzlich sollten solche Befragungen baldmöglichst auch auf Bundesebene durchgeführt werden – wir benötigen dringend einen Gesamtüberblick - und in Zukunft bei solchen Projekten landwirtschaftliche Institutionen einbezogen werden. Es kann nicht sein, dass der Schutz von wertvollen Lebensräumen durch landwirtschaftliche Nutzung vornehmlich von Landschaftspflegeverbänden oder dem amtlichen bzw. privaten Naturschutz finanziell oder praktisch unterstützt wird und die Landwirtschaft keine Verantwortung mehr über die von ihnen geschaffenen Lebensräume übernimmt. Hier muss dringend ein Umdenken und in Zukunft eine Zusammenarbeit stattfinden (POSCHLOD 2015, 2017).

Es ist geplant, aufbauend auf den Ergebnissen dieses Forschungsprojektes Folgeanträge zu stellen, insbesondere auch in anderen Bundesländern, um die Methodik der Flächenermittlung und der Routenoptimierung auch auf andere Gebiete anzuwenden und zu übertragen.

VIII. Wo relevant: Nutzung Innovationsdienstleister (IDL)

Nicht relevant

IX. Kommunikations- und Disseminationskonzept

Die Projektergebnisse wurden zum einen auf der zentralen Webseite öffentlich zusammengetragen: www.biodiversitaetstaxis.de. Dabei sind die Ergebnisse der Beweidungspotenziale unter <https://agrosience.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=3ff5ee5cafea4a5dac3f4331a0d9581d> und die Ergebnisse des Triebwegeroutings unter <https://agrosience.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=d7e75d2aa3f54c69b477295bfc5bcaf7> auch in eigenständig abrufbaren interaktiven WebMaps (browserbasierte Kartenanwendungen) publiziert.

Veranstaltungsseitig wurden zwei eigenständige Termine jeweils in der Kreisverwaltung Eifelkreis in Bitburg organisiert und durchgeführt: am 17.11.2017 von 14:00 – 18:00h mit Vorträgen der OG zur Präsentation von Zwischenergebnissen und Postervorstellung sowie am 11.09.2018 von 13:30 – 18:00h mit Vorträgen der OG zur Präsentation der Endergebnisse und Postervorstellung.

Die Homepage www.biodiversitaetstaxis.de enthält alle wesentlichen Inhalte des Vorhabens, inkl. der WebMaps und wird auch nach Ablauf des Projektes allen beteiligten zur Verfügung stehen. Die im Projekt erzeugten WebMaps werden auch nach Ablauf des Projektes von der RLP AgroScience weiter gehostet und stehen allen Projektbeteiligten weiterhin zur Verfügung.

Daneben wurde das Projekt auf folgenden weiteren Veranstaltungen vorgestellt:

- Workshop der EIP-Innovationsdienstleister, Bonn, 02.-03.06.2017, Link mit Posterdownload: <http://biodiversitaetstaxis.de/index.php/component/k2/item/31-poster-dvs-workshop>
- EIP-Summit Europe, Oeiras (Portugal), 10.-11.10.2017, Link mit Posterdownload: <http://biodiversitaetstaxis.de/index.php/component/k2/item/2-eip-summit-portugal-poster>
- Bundesweiter Workshop für Operationelle Gruppen, Weimar, 05.-06.03.2018

Für die nachfolgenden externen Dokumentationen wurden Interviews gegeben (vgl. <http://biodiversitaetstaxis.de/index.php/presse>):

- „Kein Platz für Schafe. Intensive Landwirtschaft in der Region Trier“, SWR, 17.11.2017: <https://www.swr.de/swraktuell/rp/trier/intensive-landwirtschaft-in-der-region-trier-kein-platz-fuer-schafe/-/id=1672/did=20646010/nid=1672/1w0jusi/index.html>
- „Bleibet, ihr Hirten“, Die Zeit 53/2017, 20.12.2017: <https://www.zeit.de/2017/53/hirtentum-herden-artenvielfalt-naturschutz>
- „GPS showing sheep the way“, Deutsche Welle, 26.04.2018: <https://www.dw.com/en/gps-showing-sheep-the-way/av-43552468>
- „Schäfer in Not - Ein Traditionsberuf vor dem Ende“, planet e (ZDF), 03.03.2019: <https://www.zdf.de/dokumentation/planet-e/planet-e-schaefer-in-not---ein-traditionsberuf-vor-dem-ende-100.html>
- „Per App zur Schafweide“ planet e (ZDF), 03.03.2019: <https://www.zdf.de/dokumentation/planet-e/schaefer-in-not-clip-100.html>

Veröffentlichungen:

KOTREMBBA, C.; CZERKUS, G.; MAGIN, K.; DEUBERT, M.; TRAPP, M.; ULLRICH, K. (2018): Ein innovatives Konzept zur Förderung der Wanderschäferi und Biotopvernetzung: Maschinelles Lernen zur Detektion neuer Weidepotentiale und geodatenbasierte Triebwegesimulationen in der Westeifel. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 50 (9), 2018, 314-324.

Diese Publikation wurde unter dem Titel „Modern vernetzt“ im Fachmagazin Schafzucht 01/2019 von K. DALLY zusammengefasst: https://www.schafzucht-online.de/artikel.dll/SZ-2019-01-016_NjAxNjY1MQ.PDF?UID=ECC1A2E79A6F7173C385DCBE0E58363FC07404A8CC07 (18.03.2019).

Außerdem wurde folgende Masterarbeit betreut: MAGIN, K. (2018): Development of sheep trail routing based on machine learning to support sheep grazing for nature conservation. Masterarbeit, Universität Koblenz Landau.

Grundsätzliche Schlussfolgerungen (ggf. Fazit zur Eignung von EIP-Förderung zur Generierung von Innovation und Schließung von Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft) und eventuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP AGRI.

In der vorliegenden Studie „Vernetzung verinselter Biotope [Biodiversitätstaxis 2.0]“ ist die Kombination aus geodatenbasierte mit biologischen Methoden gelungen, um ökologische und ökonomische Mehrwerte durch Schafe bzw. Wanderschäferie aufzuzeigen. In enger Zusammenarbeit konnte damit die angewandte Theorie (Wissenschaft) der Praxis nicht nur Handlungsmöglichkeiten aufzeigen, sondern auch Argumentationshilfen bereitstellen.

Quellen

ALONSO, J. A.; LAMATA, T. (2006): Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge based systems*, Vol 14, No 4, 445-459.

BARRETT, B.; NITZE, I.; GREEN, S.; CAWKWELL, F. (2014): Assessment of multi-temporal, multi-sensor radar and ancillary spatial data for grasslands monitoring in Ireland using machine learning approaches. *Remote Sensing of Environment* 152, 109-124.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (o.J.): Eutrophierung und Versauerung. Internet: https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe/luft/eutrophierung_versauerung/index.htm (22.05.2019).

BEINLICH, B.; H. PLACHTER (2010): Sheep: a Functional Corridor System. In: LACHTER, H.; U. HAMPICKE (Hrsg.): *Largescale Livestock Grazing. A Management Tool for Nature Conservation*. Springer Verlag, Berlin. 281-288.

BREIMAN, L. (2001): Random forests. *Machine Learning*. 45, 5-32.

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014): *Grünland-Report. Alles im grünen Bereich?* Bonn.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) & BfN (2017): *Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands 2017*. In: *Naturschutz und Landschaftspflege*, 49, 2017, 236-238.

CHAN, J.C.-W.; PAELINCKX, D. (2008): Evaluation of Random Forest and Adaboost tree-based ensemble classification and spectral band selection for ecotope mapping using airborne hyperspectral imagery. *Remote Sensing of Environment* 112, 2999-3011.

CUTLER, D.R.; EDWARDS, T.C.; BEARD, K.H.; CUTLER, A.; HESS, K.T.; GIBSON, J.; LAWLER, J.J. (2007): Random forests for classification in ecology. *Ecology* 88, 2783-2792.

DEL RÍO, S.; LÓPEZ, V.; BENÍTEZ, J.M.; HERRERA, F. (2014): On the use of MapReduce for imbalanced big data using Random Forest. *Information Sciences* 285, 112-137.

DEUBERT, M.; TRAPP, M.; KROHN, K.; ULLRICH, K.; BOLZ, H.; KÜNST, R.; KÜNST, C. (2016): Das Eh da-Konzept: Ein Weg zu mehr biologischer Vielfalt in Agrarlandschaften und im Siedlungsbereich. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48 (7), 2016, 209-217.

Deutscher Wetterdienst (2017a): Archiv Monats- und Tageswerte. Internet: <http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html> (17.12.2018).

- Deutscher Wetterdienst (2017b): Niederschlag 1981-2010. Internet: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/multi_annual/mean_81-10/Niederschlag_1981-2010_aktStandort.txt (17.12.2018).
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hrsg.) (o.J.): Vegetationszeit. Internet: <https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/produkte/vegetationszeit/vegetationszeit.html> (22.05.2019).
- EASTMAN, J.R.; KYEM, P.A.K.; TOLEDANO, J.; JIN, W. (1995): GIS and Decision Making, United Nations Institute for Training and Research, Explorations in: Geographic Information Systems Technology, Volume 4, Geneva 1995, 35-39.
- FISCHER, S. F.; POSCHLOD, P.; BEINLICH, B. (1995): Die Bedeutung der Wanderschäfferei für den Artenaustausch zwischen isolierten Schaftriften. In: BEINLICH, B.; PLACHTER, H. (Hrsg.): Schutz und Entwicklung der Kalkmagerrasen der Schwäbischen Alb, Karlsruhe, Ulmer Verlag. 229-256.
- FISCHER, S. F.; POSCHLOD, P. & BEINLICH, B. (1996): Experimental studies on the dispersal of plants and animals on sheep in calcareous grasslands. *Journal of Applied Ecology* 33(5), 1206-1222.
- FU, P. (2000): A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Landscape Ecology, Ph.D. Thesis, Department of Geography, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA.
- FU, P.; RICH, P. M. (2002): A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry. *Computers and Electronics in Agriculture* 37, 25-35.
- GALLANT, J.C.; DOWLING, T.I. (2003): A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas', *Water Resources Research*, 39/12, 1347-1359.
- GARCÍA-RUIZ, J.M., LASANTA, T., RUIZ-FLANO, P. et al. (1996): Land-use changes and sustainable development in mountain areas: a case study in the Spanish Pyrenees. In: *Landscape Ecol* 11: 267. <https://doi.org/10.1007/BF02059854> (22.05.2019).
- GEROWITT, B.; SCHRÖDER, S.; DEMPFLER, L.; ENGELS, E.; ENGELS, M.J.; FEINDT, PH.; GRANER, A.; HAMM, U.; HEIßENHUBER, A.; SCHULTE-COERNE, H.; WOLTERS, V. (2013): Biodiversität im Grünland – unverzichtbar für Landwirtschaft und Gesellschaft. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 20 S.
- GIUPPONI C., RAMANZIN M., STURARO E. & FUSER S. (2006): Climate and land use changes, biodiversity and agri-environmental measures in the Belluno province, Italy. In: *Environmental Science & Policy*. 9. 163-173. 10.1016/j.envsci.2005.11.007.
- GROSSMANN, E.; OHMANN, J.; KAGAN, J.; MAY, H.; GREGORY, M. (2010): Mapping ecological systems with a random forest model: tradeoffs between errors and bias. *Gap Analysis Bulletin* 17, 16-22.
- HORN, R.; BAUER, B. (2015): Historische Landnutzung Vulkaneifelkreis (Daun). Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz.
- JACKEL, A.K. & POSCHLOD, P. (1994): Diaspore production and the influence of the size of diaspore traps on the quantitative result of seasonal diaspore rain in two calcareous grassland sites. *Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim*, Heft 3: 123 - 132.
- JEDICKE, E. (Hrsg.) (1994): Biotopverbund: Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. Ulmer Verlag: Stuttgart.

- KOTREMB, C.; CZERKUS, G.; MAGIN, K.; DEUBERT, M.; TRAPP, M.; ULLRICH, K. (2018): Ein innovatives Konzept zur Förderung der Wanderschäferei und Biotopvernetzung: Maschinelles Lernen zur Detektion neuer Weidepotentiale und geodatenbasierte Triebwegesimulationen in der Westeifel. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 50 (9), 2018, 314-324.
- KÜNST, C.; DEUBERT, M.; KÜNST, R.; TRAPP, M. (2019): Die Eh da-Initiative. Mehr Platz für biologische Vielfalt in Kulturlandschaften. In: *Biologie in Unserer Zeit* 48, 1/2019, 28-38. Internet: <https://doi.org/10.1002/biuz.201910665> (18.03.2019).
- MA, J.; SCOTT, R.; DEGLORIA, S.-D.; LMBO, A.-J. (2005): Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. In: *Biomass and Bioenergy*, Nr. 28, 2005, 591-600.
- MANZANO P., MALO J.E. & PECO B. (2005): Sheep gut passage and survival of Mediterranean shrub seeds. *Seed Science Research* 15(1), 21.28.
- MEIXNER, O.; HAAS, R. (2002): Computergestützte Entscheidungsfindung. Expert Choice und AHP - innovative Werkzeuge zur Lösung komplexer Probleme. München: Redline Wirtschaft.
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten (MULEWF) (2013): Biotopkataster Rheinland-Pfalz. Allgemeine Angaben zur landesweiten Biotopkartierung ab 2006.
- MOUSSIÉ, A.M.; VOS, P.; VERHAGEN, H.M.C. & BAKKER J.P. (2005): Endozoochory by free-ranging, large herbivores: Ecological correlates and perspectives for restoration. *Basic and applied Ecology* 6, 547-558.
- NORDERHAUG A., IHSE M., PEDERSEN O. (2000): Biotope patterns and abundance of meadow plant species in a Norwegian rural landscape. In: *Landscape Ecology* 15: 201. <https://doi.org/10.1023/A:1008141400166> (22.05.2019).
- OPPERMANN, R.; SCHMITZ, S.; LAMPRECHT, F. (2004): Projekt Schafbeweidung und Naturschutz. Projektbericht im Auftrag von PLENUM Reutlingen. S. 15.
- POSCHLOD, P. (2015): Geschichte der Kulturlandschaft: Entstehungsursachen und Steuerungsfaktoren der Entwicklung der Kulturlandschaft, Lebensraum- und Artenvielfalt in Mitteleuropa. *Eugen Ulmer*, Stuttgart (2. Aufl. 2017).
- RAUSCHMAYER, F. (2000): Entscheidungsverfahren in der Naturschutzpolitik. Die Multikriterienanalyse als Integration planerischer, ökologischer, ökonomischer und ethischer Überlegungen. Frankfurt: Peter Lang Verlag.
- RECKFORT F.-W. A. (1994): Wanderschäfer - Arbeit und Leben, Wirtschaft und Soziales. *Waxmann*, Münster / New York.
- RICH, P. M.; FU, P. (2000): Topoclimatic Habitat Models. Proceedings of the Fourth International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling.
- RODRIGUEZ-GALIANO, V.F.; GHIMIRE, B.; ROGAN, J.; CHICA-OLMO, M.; RIGOL-SANCHEZ, J.P. (2012): An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 67, 93-104.
- SAATY, T.L. (1990): How to make a decision: the analytical hierarchy process. In: *European Journal of Operational Research* 1990, 48, 9-26.

SALO, A.; HÄMÄLÄINEN, R. (1997): On the measurement of preferences in the analytic hierarchy process. *Journal of multi-criteria decision analysis*, 6, 309-319.

SCHUMACHER, W.; TREIN, L.; ESSER, D. (2013): Biodiversität von Magerrasen, Wiesen und Weiden am Beispiel der Eifel. *Erhaltung und Förderung durch integrative Landnutzung*. Ber Reinhold-Tüxen-Ges, 25, 56-71.

SCHUMACHER, W. (2014): Biodiversität extensiv genutzter Grasländer und ihre Erhaltung durch Integration in landwirtschaftliche Betriebe—Erfahrungen und Ergebnisse 1985-2012. Bundesanstalt Für Landwirtschaft Und Ernährung (Hrsg.) *Agrobiodiversität Im Grünland Nutzen Und Schützen*. *Agrobiodiversität* 14, 70-99.

SCOHER A., DUMONT B. (2012): How do sheep affect plant communities and arthropod populations in temperate grasslands? *Animal* 6, 1129–1138.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2017a): Mein Kreis, meine kreisfreie Stadt. Internet: <http://infothek.statistik.rlp.de/MeineHeimat/index.aspx?id=101&l=1> (17.12.2018).

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz (2017b): Datenkompass Arbeitsmarkt und Erwerbstätigkeit – Eifelkreis Bitburg-Prüm. Internet: <http://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/datenkompass/ergebnisse/datenblatt/arb/232.pdf> (17.12.2018).

STORCH V., WELSCH U., WINK M. (2001): *Evolutionsbiologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

TINTRUP GEN. SUNTRUP G., JALKE T., STREIB L., KECK N., NIELAND S., MORAN N., KLEINSCHMIT B., TRAPP M. (2014): New Methods in acquisition, update and dissemination of nature conservation geodata – implementation of an integrated framework, The 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11.–15. May 2015, Berlin.

TRAPP M., JALKE T., TINTRUP GEN. SUNTRUP G. (2015): Automatisierung von Verwaltungsabläufen am Beispiel von Landwirtschaft und Umwelt, *LSA VERM* 1/2015, ISSN 1435-2338, 25-30.