



Sabine ROTH AUG, Nils STANIK und Gert ROSENTHAL

Bedeutung von Weidetieren als Vektoren für Pflanzen und Tiere in einem modernen Weide-Biotopverbund

Abbildung 1:

Wanderschäfererei trägt als lebender Biotopverbund zur Vernetzung ansonsten voneinander isolierter Habitats bei (Foto: Anne Hopf).

Weidetiere können als Vektoren für Diasporen und kleine Tiere isolierte Habitats miteinander vernetzen. Über das Fell oder Ausscheidungen der Weidetiere werden sie teilweise über große Distanzen transportiert. Je nachdem, ob Weidetiere von einer zur anderen Weide getrieben oder mit einem Transporter gefahren werden, können Diasporen und kleine Tiere Distanzen zwischen wenigen bis hin zu mehreren Hundert Kilometern überwinden. Besonders im Kontext Klimawandelanpassung erlangt die im Verbund organisierte Weidewirtschaft eine neue und gestiegene Bedeutung als ein Werkzeug des Naturschutzes. Dabei können durch eine gezielte Auswahl der Weidetiere, der Beweidungsform und des Beweidungszeitpunkts die Verfügbarkeit der Diasporen der Zielarten sowie deren Ausbreitungsdistanz gesteuert werden.

Einleitung

Tier- und Pflanzenarten sind darauf angewiesen sich auszubreiten, um verloren gegangene oder auch neue Lebensräume (wieder) zu besiedeln und mit umliegenden Populationen in genetischen Austausch zu treten (CAMPBELL & REECE 2009; FARTMANN 2017; PURSCHKE et al. 2012). Im Zuge des Klimawandels kann sich diese

Ausbreitungsnotwendigkeit verstärken, wenn aktuell besiedelte Habitats für bestimmte Arten nicht mehr geeignet sind und sich dafür bisher nicht besiedelte Gebiete neu als Habitat eignen (BEIERKUHNLEIN et al. 2014; POSCHLOD 2017). Besonders die Fragmentierung der Landschaft sowie das Fehlen von angepassten Ausbreitungs-

vektoren limitieren jedoch zunehmend die Ausbreitung von Pflanzen und Tieren. Betroffen sind insbesondere Arten nährstoffarmer Standorte, weil deren Zahl aufgrund intensiver Düngung seit Jahrzehnten rückläufig ist, sodass magere Flächen weiter voneinander entfernt liegen und nicht mehr gut miteinander vernetzt sind (KOLLMANN et al. 2019). Gerade Pflanzen sind dann oft auf die Ausbreitung durch Vektoren angewiesen.

Für die Ausbreitung pflanzlicher Ausbreitungseinheiten, wie Samen, Früchte oder Fruchtsstände, sind Weidetiere, die nacheinander standörtlich gleichartige Flächen beweiden, gut geeignet. Sie verbringen Diasporen auf andere Flächen, wenn diese in ihrem Fell haften bleiben (Epizoochorie) oder von ihnen gefressen werden und die Darmpassage überleben (Endozoochorie) (BONN & POSCHLOD 1998). Mithilfe dieses Vektors können nicht nur Pflanzendiasporen, sondern auch wenig mobile (kleine) Tiere (vor allem über das Fell) verbreitet werden, Barrieren überwinden und relativ gezielt neue, geeignete Habitate erreichen (FISCHER et al. 1996; ROSENTHAL et al. 2012). In diesem Beitrag stehen Weidetiere und ihre Funktion als Vektoren für die Ausbreitung von Diasporen und Tieren im Fokus sowie die Frage, inwieweit diese zoochore Ausbreitung über Weidetiere gesteuert werden kann.

Methodik der Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde im Jahr 2023 sowohl analog über den Präsenzbestand der Universitätsbibliothek Kassel als auch über die Online-Literaturdatenbanken Web of Science und Google Scholar durchgeführt. Der Fokus lag dabei auf Publikationen aus Deutschland. Darüber hinaus wurde auch Literatur aus anderen Regionen weltweit herangezogen, wenn diese für den Gesamtkontext relevante und auf Deutschland übertragbare Ergebnisse beinhaltet. Insgesamt wurden 133 relevante Quellen gesichtet, von denen mit 45 % (n = 60) die Mehrzahl Feldstudien sind, während es sich bei 19 % (n = 25) um systematische Übersichtsarbeiten (reviews), 6 % Modellierungen (n = 8) und 2 % Laborstudien (n = 3) handelt. 28 % der Quellen (n = 37) wurden keiner dieser Kategorien zugewiesen, weil sie sich nicht direkt mit der Vektorenforschung befassen, sondern für den Kontext der Untersuchung ergänzende Informationen liefern, beispielsweise zu Klimawandelauswirkungen (unter anderem STREITBERGER et al. 2016). Die Mehrzahl der 133 Quellen wurde mit 39 % (n = 52) zwischen 2001 und 2010 veröffentlicht, wobei auch 33 Studien (25 %) zwischen 2011 und 2020 sowie zwölf Studien (9 %) im Jahr 2021 oder später erschienen sind. In die vorliegende Publikation sind 37 der 133 Quellen eingeflossen.

Abbildung 2:
Zoochore Ausbreitungsformen
(Abbildung: Sabine Rothaug).



Bedeutung von zoochoren Ausbreitungsmechanismen für unterschiedliche Pflanzen und Tiere

Bei der durch den Kontext der Beweidung im Mittelpunkt stehenden Zoochorie, das heißt der Ausbreitung durch Tiere, wird in Epizoochorie, Endozoochorie, Stomatochorie und Dyszoochorie unterschieden (Abbildung 2). Weidetiere und die durch sie übertragenen Diasporen und kleinen Tiere überwinden beim Weidetrieb oder Transport zwischen Weideflächen für sie ansonsten unüberwindbare Barrieren.

Epizoochore Ausbreitung von Pflanzen

Damit Weidetiere als Vektoren über die Epizoochorie isolierte Habitate miteinander vernetzen können, müssen die Diasporen so lange im Fell haften bleiben, wie die Tiere zum Wechsel von einer zur anderen Fläche benötigen. Ausschlaggebende Kriterien dafür, dass Diasporen im Tierfell haften, sind (1.) die Pflanzenhöhe, (2.) die Größe der Tiere, (3.) die Verfügbarkeit der Diasporen, (4.) deren Oberflächenstruktur, (5.) Gewicht und (6.) Größe sowie (7.) die Fellstruktur und (8.) das Verhalten der Weidetiere (COUVREUR et al. 2004; FISCHER et al. 1996; MOUSSIÉ et al. 2005; ROSBAKH et al. 2022; RÖMERMANN et al. 2005; WESSELS et al. 2008).

Pflanzenhöhe und Größe der Tiere

Diasporen größerer Pflanzen erreichen nahezu alle Körperteile von kleineren Weidetieren, während Diasporen kleinerer Pflanzen beim Grasens primär am Kopf hängen bleiben (WESSELS et al. 2008). FISCHER et al. (1996) haben an einem Schaf mehr Diasporen von Pflanzen mit einer mittleren Höhe von 61 bis 80 cm gefunden als von kleineren Pflanzen. Im Experiment mit Dummys von Schaf und Rind hat sich gezeigt, dass ab einer Höhe von 40 cm an den Dummys keine Diasporen mehr haften geblieben sind, weshalb MOUSSIÉ et al. (2005) schlussfolgern, dass Tiere mit einer Beinlänge von mehr als 40 cm eine schlechtere epizoochore Vektorenwirkung als kurzbeinige Tiere haben.

Verfügbarkeit der Diasporen in ausreichender Menge

Diasporen werden vor allem dann aufgenommen und verbreitet, wenn sie aktuell reif sind und beim Grasens im Fell haften bleiben oder wenn sie auf dem Boden überdauert haben und beim Wälzen ins Fell gelangen (FISCHER et al. 1996). Entsprechend werden zu verschiedenen Zeitpunkten im Jahr Diasporen verschiedener Arten verbreitet (COUVREUR et al. 2004). Da verschiedene Zielarten und Grünlandgesellschaften

unterschiedliche Höhepunkte von Blüte und Samenreife besitzen, ist im Rahmen der Planung eines Weideverbunds eine spezifische Zusammenstellung der jeweiligen Lebensräume und ihrer Zielarten ratsam. Auf Kalkmagerrasen beispielsweise blühen die meisten Arten im Juni und Juli, sodass eine Beweidung dieses Biotops vor allem im August den Transport ausgereifter Diasporen bewirkt (Tabelle 1). Bei Goldhaferwiesen oder Borstgrasrasen im Hügelland ist eine Samenreife hingegen bereits meist im Juli zu beobachten und eine auf den Diasporentransport ausgerichtete Beweidung bereits dann empfehlenswert.

Oberflächenstruktur, Gewicht und Größe

Bestimmte Oberflächenstrukturen der Diasporen, wie Haken oder Grannen, begünstigen die epizoochore Ausbreitung (COUVREUR et al. 2004; FISCHER et al. 1996; ROSENTHAL et al. 2012). Aber auch durch Haare an eine Ausbreitung über den Wind (Anemochorie) angepasste Diasporen und sogar kleine Diasporen mit einer glatten Oberfläche, die ebenfalls nicht auf Epizoochorie spezialisiert sind, wurden im Fell von Weidetieren nachgewiesen (unter anderem COUVREUR et al. 2004 und FISCHER et al. 1996). Diese Multifunktionalität der Ausbreitungsmechanismen von Diasporen ist an Beispielarten der Kalkmagerrasen in Tabelle 1 dargestellt. Einerseits sind viele Diasporen sowohl anemochor als auch epizoochor kategorisiert, beispielsweise die der Aufrechten Trespe (*Bromus erectus*) oder die der Hopfen-Luzerne (*Medicago lupulina*). Andererseits wurden von FISCHER et al. (1996) auch Diasporen epizoochor nachgewiesen, die ausschließlich als anemochor kategorisiert werden, wie der Berg-Gamander (*Teucrium montanum*).

Dabei beeinflussen insbesondere Gewicht und Größe der Diasporen, inwieweit sie im Tierfell haften bleiben: Kleine Diasporen verbleiben länger im Fell als große (TACKENBERG et al. 2005). Dennoch werden Diasporen von unterschiedlicher Größe und unterschiedlichem Gewicht epizoochor ausgebreitet (vergleiche Tabelle 1).

Im Fell von Gallowayrindern, Eseln und Pferden haften gebliebene Diasporen waren an folgende Ausbreitungsmechanismen angepasst (COUVREUR et al. 2004):

- 62 % an eine epizoochore Ausbreitung
- 23 % primär an Windausbreitung (Anemochorie), davon 57 % mit haariger Oberflächenstruktur

- Weniger als 1 % an die Ausbreitung über das Wasser (Hydrochorie)
- 13 % der Diasporen konnten keinem speziellen Ausbreitungsmechanismus zugewiesen werden

Fellstruktur

Neben der Beschaffenheit der Diasporen stellt die Fellstruktur von Tieren ein noch wichtigeres Kriterium für die Anheftung von Diasporen dar. Diasporen bleiben ohne Berücksichtigung ihrer Oberflächenstruktur viermal besser in Schaffell haften als im glatten Fell von Rindern. Einige Arten bleiben nur in Schafwolle, aber nicht in Rinderfell hängen (MOUSSIÉ et al. 2005; ROSBAKH et al. 2022). Angaben zu anderen Weidetierarten wurden nicht gefunden (beispielsweise zu rauhaarigen Ziegen- oder Eselrassen). Auch die Felllänge eines Weidetiers beziehungsweise einer -rasse ist zu berücksichtigen (Abbildung 3). Durch feuchten Boden als Trägerstoff können auch Diasporen, die nicht speziell an Epizoochorie angepasst sind, gut an Tieren haften (BULLOCK et al. 2008).

Verhalten der Weidetiere

An Schafen haften im hinteren Körperbereich weniger, an Brust und Nacken mehr Diasporen (FISCHER et al. 1996). Wälzen oder legen sich Schafe auf den Boden, bleiben mehr Diasporen im Fell haften als beim Grasens, sodass auch Diasporen von Pflanzenarten, die weniger hoch wachsen und beim Grasens nicht zwangsläufig

ins Fell gelangen können, aufgenommen werden (FISCHER et al. 1996). Das Verhalten von Weidetieren bestimmt außerdem die Ausbreitungsdistanz. Legen Weidetiere längere Distanzen zurück, fallen nach und nach Diasporen heraus. Bei COUVREUR et al. (2004) lag die Ausbreitungsdistanz anhaftender Diasporen zwischen 100 m und 2 km innerhalb eines Schutzgebiets und bei bis zu 160 km zwischen Schutzgebieten; im letzteren Fall, weil die Tiere in mehreren Naturschutzgebieten eingesetzt wurden. Die Untersuchungen von FISCHER (1996) zeigten, dass Diasporen bis zu sieben Monate im Schaffell haften blieben, in der die untersuchte Schafherde mehr als 100 km zurücklegte. Eine Hochrechnung von BEINLICH (1997) auf Grundlage von FISCHER (1996) ergibt, dass eine Herde von 350 Schafen innerhalb von drei Monaten über drei Millionen Diasporen epizoochor transportiert (auf dem untersuchten Schaf wurden über diesen Zeitraum 8.500 Diasporen gefunden).

Epizoochore Ausbreitung von Tieren

Auch kleine Tiere, wie Eidechsen, Schnecken, Spinnen, Zikaden, Wanzen, Käfer und Heuschrecken, werden epizoochor verbreitet (Abbildung 4; FISCHER et al. 1996; JEDICKE 2015). Durch Weidetiere haben sie die Möglichkeit, über ihr eigenes Ausbreitungsvermögen hinaus längere Distanzen zurückzulegen und Barrieren zu überbrücken (FISCHER et al. 1996; JEDICKE 2015). Die meisten Belege zu epizoochorer Ausbreitung von Insekten liegen für Heuschrecken vor;

Abbildung 3:

Abhängig von der Fellstruktur und -länge bleiben Diasporen unterschiedlich gut und lange im Fell haften. Für Gallowayrinder (Foto Mitte) und Hochlandrinder (Foto rechts) ist von einem höheren Vektorenwert in der Ausbreitung von Diasporen auszugehen als für kurzhaarige Rinderrassen (Foto links); (Fotos: Sabine Rothaug).



Artname	Rote-Liste-Kategorie	Ausbreitungsvektoren (BFN 2022)	Größe der Diasporen (MÜLLER-SCHNEIDER 1986)	Gewicht der Diasporen (MÜLLER-SCHNEIDER 1986)	Pflanzenhöhe (BFN 2022)	Blühzeit (BFN 2022)	Persistenz der Samenbank (THOMPSON et al. 1997)	Epizoochor von FISCHER et al. (1996) nachgewiesen
Blutroter Hartriegel (<i>Cornus sanguinea</i>)	*	en	4,4 x 4 mm	0,2 g	2–5 m	Mai bis Juni	1	
Eingrifflicher Weißdorn (<i>Crataegus monogyna agg.</i>)	*	en	7,25 x 4,5 mm	0,42 g	bis 6 m	Mai bis Juni	1	
Arznei-Thymian (<i>Thymus pulegioides</i>)	*	en, an, st	0,6–0,8 mm	0,3 mg	0,05 m–0,25 m	Juni bis Oktober	1, 2, 3, 4	x, x*
Aufrechte Trespe (<i>Bromus erectus</i>)	*	ep, an	5–7 mm	4,3 mg	0,3–1 m	Mai bis Oktober	1, 2, 4	x, x*
Rot-/Schaf-Schwingel (<i>Festuca rubra agg./F. ovina agg.</i>)	*	ep, an	3 mm	1,4 mg	0,2–1 m	Juni bis Juli	1, 2, 4	x, x*
Großes Schillergras (<i>Koeleria pyramidata</i>)	V	ep, an	–	2,3 mg	0,3–0,8 m	Juni bis Juli	1, 4	x, x*
Blaugrüne Segge (<i>Carex flacca</i>)	*	ep, an, au	3–4 mm	1,4 mg	0,15–0,5 m	Mai bis Juli	1, 2, 3, 4	x
Gewöhnliche Fieder-Zwenke (<i>Brachypodium pinnatum</i>)	*	ep, an	2–3 mm	4 mg	0,5–0,6 m	Juni bis Juli	1, 2, 4	x, x*
Echter-Wiesenhafer (<i>Helictochloa pratensis</i>)	*	ep, an	–	–	0,3 m–0,8 m	Mai bis Juni	1, 2, 4	
Kleine Pimpinelle (<i>Pimpinella saxifraga</i>)	*	ep, an	2–2,5 mm	0,4 mg–0,7 mg	0,1–0,6 m	Juli bis September	1, 2, 4	x, x*
Hopfen-Luzerne (<i>Medicago lupulina</i>)	*	ep, an	2–3 mm	1,8 mg	0,1 m–0,3 m	Mai bis Oktober	1, 2, 3, 4	x, x*
Golddistel (<i>Carlina vulgaris</i>)	*	ep, an	2–4 mm	1,4 mg	0,15 m–0,6 m	Juli bis September	1, 2, 4	
Gewöhnliches Sonnenröschen (<i>Helianthemum nummularium</i>)	V	an	1,2–1,5 mm	0,84 mg	0,1–0,2 m	Juni bis Oktober	1, 2, 4	x, x*
Tauben-Skabiose (<i>Scabiosa columbaria</i>)	*	an	2,5–3 mm	2,6 mg	0,2–0,5 m	Juli bis November	1, 2, 4	x, x*
Berg-Gamander (<i>Teucrium montanum</i>)	V	an	1,75 x 1,0 mm	1 mg	0,2 m–0,5 m	Juli bis September	–	x, x*
Kleiner Wiesenknopf (<i>Sanguisorba minor</i>)	*	an	3,25 x 2,25 mm	5,8 mg	0,4–0,6 m	Mai bis August	1, 2, 3, 4	x

Tabelle 1:

Charakteristika von auf Kalkmagerrasen vorkommenden Pflanzen. Entsprechend der Roten Liste der Pflanzen von MERZING et al. (2018) wurden Arten den Kategorien ungefährdet (*), Vorwarnliste (V) und nicht bewertet (-) kategorisiert sowie entsprechend der Floraweb-

Datenbank des BFN (2022) folgenden Ausbreitungsvektoren zugeordnet: endozoochor (en), epizoochor (ep), stomatochor (st), autochor (au), anemochor (an), hydrochor (hy). Die Persistenz der Samenbank ist nach THOMPSON et al. (1997) folgenden Kategorien zugewiesen: (1) < 1 Jahr, (2) < 5 Jahre, (3) > 5 Jahre, (4) in der Samen-

bank präsent, kann aber keiner der drei Kategorien zugeordnet werden. Die Arten wurden in den Untersuchungen von FISCHER et al. (1996) entweder im Fell eines Test-Schafs gefunden (x) oder bei Experimenten mit einem Schaf-Dummy epizoochor verbreitet (x*).

**Abbildung 4:**

Diasporen, wie beispielsweise Früchte der Kletten (*Arctium*), bleiben im Fell der Schafe haften. Insekten, wie der abgebildete Kleine Eichenbock (*Cerambyx scopolii*), setzen sich ins Fell der Schafe und können so für sie sonst unüberwindbare Barrieren queren (Fotos: Marco Lenarduzzi, Anya Wichelhaus).

in den Untersuchungen von BEINLICH (1997) nutzten 22 Heuschreckenarten Schafe als Vektor. Für die meisten Heuschrecken wird ohne Vektor ein Aktionsradius von nur 20 bis 100 m angenommen (JOHANNESSEN et al. 1999), sodass Schafe diesen deutlich vergrößern können. Dabei gelangen Heuschrecken wohl zufällig oder aufgrund motorischer oder visueller Störungen an das Fell (BEINLICH 1997; WARKUS et al. 1996) – bei Sonne und Windstille mehr Heuschrecken als bei Wind und Wolken (BEINLICH 1997). Laut der befragten Schafhaltenden seien bei guter Witterung auf nahezu jedem Schaf Heuschrecken zu finden. Diese blieben durchschnittlich knapp 20 Minuten auf den Schafen, wobei einzelne Individuen auch bis zu 100 Minuten im Fell sitzen blieben (BEINLICH 1997). Die Aufenthaltsdauer der Heuschrecken im Fell variiert je nach Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Heuschreckenart (WARKUS et al. 1996). Heidegrashüpfer (*Stenobothrus lineatus*) konnten in einer Studie auf Schafen über eine Distanz von 350 m von einer zur anderen Weide gelangen und überquerten im Zuge dessen eine Straße sowie einen mehrere Meter breiten Bach und Asphaltweg (FISCHER et al. 1996). In anderen Fällen legten Heuschrecken zwischen 600 und 700 m auf Schafen zurück (WARKUS et al. 1996).

Endozoochorie – Ausbreitung von Pflanzen über Aufnahme und Ausscheidungen von Tieren

Für die endozoochore Ausbreitung müssen Pflanzendiasporen (1.) von den Weidetieren gefressen werden, (2.) durch den Kauvorgang nicht zerstört werden, (3.) den Magen-Darm-Trakt erfolgreich passieren, sodass ihre Keimfähigkeit nicht reduziert wird, und (4.) mit den Bedingungen in den Ausscheidungen zurechtkommen (BONN & POSCHLOD 1998; GARDENER et al. 1993). Zudem spielt (5.) das Verhalten der Weidetiere eine wichtige Rolle. Zur endozoochoren Ausbreitung von kleinen Tieren durch Herbivore wurde keine Literatur gefunden.

Fraß(-verhalten)

Hier spielt das selektive Weideverhalten der Tiere eine große Rolle, das sich je nach Tierart, Äsertyp (*browser*, *grazer*, *intermediär*), Futterangebot und Jahreszeit ändert. Wenn die Weidetiere bestimmte Blüten- und Fruchtstände meiden (in einer Untersuchung von KAISER & FISCHER (2017) zum Beispiel Wolliges Honiggras [*Holcus lanatus*]), bedeutet ein großes Angebot an Diasporen einer in der Regel häufig gefressenen Pflanzenart auf einer Fläche nicht zwangsläufig, dass diese Art auch erfolgreich endozoochor verbreitet wird. Andersherum



war der Anteil an Diasporen von Binsen in den Ausscheidungen der Schafe im Vergleich zur Verfügbarkeit auf der Weide besonders hoch, was darin begründet sein könnte, dass die Fruchtstände vermehrt gefressen werden, dass sie den Magen-Darm-Trakt besonders gut überstehen oder in einer Kombination beider Aspekte (KAISER & FISCHER 2017). Manche Pflanzen erhöhen sogar die Attraktivität ihrer Diasporen, zum Beispiel durch Farbe, Geschmack und Nährwert (BONN & POSCHLOD 1998).

Resistenz gegenüber dem Verdauungstrakt der Weidetiere

Auch wenn aufgrund komplexer Wechselwirkungen nur schwer pauschale Aussagen getroffen werden können, gilt für die meisten Diasporen: Je länger die Retentionszeit, desto stärker werden sie im Magen-Darm-Trakt durch Enzyme und den niedrigen pH-Wert angegriffen und desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie nach dem Ausscheiden noch keimfähig sind (BONN & POSCHLOD 1998; NETO SIMAO et al. 1987).

Die Retentionszeit ist abhängig von der Tierart, aber auch vom individuellen Tier – Gewicht und Alter des Tieres spielen dabei eine Rolle (CIRUJEDA et al. 2019; NETO SIMAO et al. 1987). In

Experimenten von OVEISI et al. (2020) überstanden beispielsweise mehr Diasporen die Magen-Darm-Passage von Ziegen als die von Schafen. Ähnliche Experimente mit anderen Weidetieren, wie Rindern, Eseln oder Pferden, wurden nicht gefunden. Die Form der Diasporen ist ebenfalls relevant. HOFMANN et al. (2007) vermutet als Grund für eine geringere Keimungsrate größerer, länglicher Samen nach der Verdauung durch Rinder im Vergleich zu kleinen, runden Samen, dass die länglichen Samen eine längere Retentionszeit haben.

Keimfähigkeit

Die Darmpassage kann sogar positive Effekte haben, indem die Dormanz herabgesetzt und die Keimfähigkeit erhöht wird (NETO SIMAO et al. 1987). So wird beispielsweise die Keimfähigkeit von Raublattgewächsen (*Boraginaceae*) gefördert (SOLTANI et al. 2018). Auch die Keimungsrate bei größeren Diasporen mit dickerer oder wasserundurchlässiger Samenschale steigt. Vermutlich ist die Schale so dick, dass sie bei der Passage zwar nicht zerstört, aber geschwächt wird und für den Keimling leichter zu durchbrechen ist (SOLTANI et al. 2018). Es ist davon auszugehen, dass schwerere Diasporen primär endozoochor verbreitet werden (vergleiche Tabelle 1). Die Diasporen der Hunds-Rose

Abbildung 5:

Während Schafe vor allem Gras fressen, fressen Ziegen auch von Sträuchern und verbreiten somit zusätzlich Arten, die Schafe nicht verbreiten können (Foto: Sabine Rothaug).

Abbildung 6:
Relevante Faktoren für die
Etablierung eines Weide-
verbundsystems
(Abbildung: Sabine
Rothaug).



(*Rosa Canina*), der Schlehe (*Prunus spinosa*) und des Weißdorns sind mit 0,42 bis 1,8 g vergleichsweise schwer und werden ausschließlich endozoochor verbreitet. Arten, die endozoochor verbreitet werden und deren Diasporen leichter sind, wie beispielsweise der Arznei-Thymian, werden hingegen auch über andere Vektoren wie den Wind verbreitet. Somit sind Diasporen verschiedener Arten unterschiedlich gut an eine endozoochore Ausbreitung angepasst (HOFMANN et al. 2007). Darüber hinaus keimen bei Rindern und Schafen kleine, runde Diasporen im Vergleich zu länglichen Diasporen besser (HOFMANN et al. 2007; PAKEMAN et al. 2002).

Dung

Die im Dung mitgelieferten Nährstoffe und die Feuchtigkeit schaffen mitunter ideale Keimbedingungen für die Diasporen (COSYNS et al. 2006; OLFF & RITCHIE 1998). Die Keimung der Diasporen im Dung förderte in einem Versuch die kleinräumige Diversität der Vegetation einer Weidefläche (COSYNS et al. 2006).

Im Vergleich zur Epizoochorie wird nur ein Bruchteil der auf einer Fläche verfügbaren Pflanzenarten endozoochor verbreitet (BEINLICH 1997; ERTL et al. 2002). In Versuchen keimten zwar nur 5 bis 15 % der in den Kotproben von Schaf, Rind, Ziege, Gams, Steinbock, Schottischem Hochlandrind und Shetland-Pony enthaltenen Diasporen während der ersten Monate (ERTL et al. 2002; COSYNS et al. 2006), jedoch reicherten die nicht gekeimten Diasporen die Samenbank an und konnten zu einem späteren Zeitpunkt keimen (COSYNS et al. 2006). Das

große Potenzial endozoochorer Ausbreitung von Pflanzenarten verdeutlicht auch eine Hochrechnung von BONN & POSCHLOD (1998), wonach der Dung eines Rindes pro Tag 3.000 bis 18.000 keimfähige Diasporen enthalten kann.

Wie viele Diasporen keimen, ist zudem von der Tierart abhängig. Bei Untersuchungen von HOFMANN et al. (2007) etablierten sich bei Schafen im Vergleich zu Rindern nur halb so viele Keimlinge. Bei MOUSSIÉ et al. (2005) waren sogar viermal so viele keimfähige Diasporen in Rinderdung enthalten, wie in Dung von Schaf oder Pony. ERTL et al. (2002) konnte keinen Unterschied im Keimungserfolg von Dungproben von Rind und Ziege feststellen. Demnach scheinen Rind und Ziege endozoochor mehr Diasporen verbreiten zu können, als Schaf und Pony.

Verhalten der Weidetiere

Genauso wie beim epizoochoren Transport bestimmt beim endozoochoren Transport der Aktionsradius der Weidetiere die Ausbreitungsdistanz der aufgenommenen Diasporen (BONN & POSCHLOD 1998). Zusätzlich werden manche Diasporen, nachdem sie von Weidetieren verbreitet wurden, von Nagetieren, Ameisen oder Dungkäfern weitertransportiert, womit deren Ausbreitungsdistanz noch einmal erhöht wird oder sie durch diesen Weitertransport an für sie günstige Keimungsorte verbracht werden (DEL-CLARO & TOREZAN-SILINGARDI 2021). Anders als bei der epizoochoren Ausbreitung ist die endozoochore Ausbreitung sehr eng an die zeitliche Taktung von Aufnahme und Ausscheidung und

das damit verknüpfte, oft artspezifisch unterschiedliche Verhalten der Weidetiere (Fressen, Ruhephasen) gebunden.

Einige Weidetierarten können einen Teil der Diasporen und Früchte beim Wiederkäuen wieder ausspucken (stomatochore Ausbreitung) und so verbreiten. Für Weidetiere in Deutschland ist allerdings keine Studie bekannt, die diese spezifische Form endozoochorer Ausbreitung betrachtet.

Biotopverbund durch gezielte Beweidung – steuerbare Faktoren

Durch verstärkten Viehtrieb können Diasporen zwischen verschiedenen Flächen, aber auch zwischen unterschiedlichen Höhenlagen verbreitet werden. Hierdurch können Arten in kältere, höher gelegene Regionen gelangen (POSCHLOD 2017). Weidetiere können somit gezielt eingesetzt werden, um einen naturschutzfachlich effizienten Biotopverbund aufzubauen, welcher gleichzeitig der Klimawandelanpassung im Naturschutz dient. Die Stellschrauben, mit denen Weidesysteme zur Etablierung und Förderung einer Biotopvernetzung eingesetzt werden können, sind auf unterschiedlichen Organisationsebenen angesiedelt, die von der Landes- bis zur Betriebsebene reichen.

Auf Landesebene werden vor allem administrative und förderpolitische Rahmenbedingungen gestaltet, darunter Förderprogramme für die zweite Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU, Regelungen zu Beweidungszeitpunkten, Anreize zur Haltung bestimmter Tierarten, Förderung von Wolfsschutzmaßnahmen oder die Bereitstellung von Betriebsmitteln wie Transportern. Zudem kann durch gezielte Fördermaßnahmen und -kulissen ein Rahmen geschaffen werden, der einen Viehtrieb zwischen Flächen vereinfacht oder perspektivisch sogar erst ermöglicht. Auf betrieblicher Ebene werden hingegen durch die jeweiligen Viehhalter*innen Beweidungsformen und -routen individuell definiert. Obwohl aus naturschutzfachlicher Sicht eine Hütehaltung gegenüber der Koppelhaltung zu bevorzugen ist, können wirtschaftliche Gründe zu einer Entscheidung für eine Koppelhaltung führen. Letztlich bedarf es immer einer Abwägung in der jeweiligen Kulisse, in der diese und weitere Faktoren der jeweiligen Ebenen einfließen. Liegen beispielsweise zu beweidende Flächen weit voneinander entfernt, ist die Wirkung für den Biotopverbund durch den Vektoreffekt größer einzuschätzen, wohingegen damit meist ein deutlich höherer betrieblicher Aufwand



einhergeht. Bei kompakt zusammenliegenden Flächen ist dies in der Regel gegenteilig der Fall. Sie können jedoch effizienter von einem Betrieb bewirtschaftet werden.

Für eine optimierte Vektorenwirkung von Weidetieren aus Sicht des Naturschutzes sind insbesondere die Auswahl der Weidetiere, der Beweidungsform/-routen und des Beweidungszeitpunkts in Abhängigkeit von den Zielarten steuerbare Faktoren, die zwingend in der Entscheidungsfindung und Planung eines Weideverbunds beachtet werden müssen (Abbildung 6). Bei der Planung eines neu eingerichteten, modernen Weideverbunds sollten zunächst immer die Zielarten des Verbunds definiert werden und eine Beweidung bestenfalls zum Reifezeitpunkt der Diasporen dieser

Abbildung 7:

Dank ihrer kurzen Beine und des krausen Fells haften an Schafen auf der Schwäbischen Alb mehr Diasporen als am langbeinigen Esel, obwohl beide auf derselben Fläche weiden (Foto: Sabine Rothaug).

Arten durchgeführt werden – auf Kalkmagerrasen beispielsweise im August. Möchte man auf neu eingerichteten Weiderouten die Vektorenwirkung größtmöglich ausnutzen, sind hinsichtlich epizoochorer Verbreitung kurzbeinige Tiere (Beinlänge < 40 cm) mit langem, krausem Fell, die zum Reifezeitpunkt der Diasporen auf der Fläche sind, optimal (Abbildung 7). Ist auch der Kopf von langem, krausem Fell bedeckt, haften vermehrt Diasporen kleiner Pflanzen an.

Rind und Ziege verbreiten endozoochor mehr Diasporen als Schaf und Pony. Über Endozoochorie werden jedoch deutlich weniger Arten verbreitet als über Epizoochorie. Daher sollte bei der Auswahl der Weidetiere in den meisten Fällen der Fokus auf der epizoochoren Ausbreitung der Ziel- oder anderer gesellschaftstypischer Arten gelegt werden. Um das Eindringen unerwünschter Arten zu verhindern, sollten Weidetiere möglichst nicht von nährstoffreichen Pflanzengesellschaften auf artenarme Standorte wechseln, sondern umgekehrt. In Bayern wird aktuell primär mit Schafen, Ziegen, Rindern, Pferden, Eseln und Wasserbüffeln beweidet. Zunehmend werden aber auch Alpakas (*Vicugna pacos*) als Weidetiere gehalten, die aufgrund ihres langen Fells potenziell gute Vektoren für zoochore Ausbreitung darstellen und für einen zukünftigen Weideverbund neue Perspektiven eröffnen.

Weideverbundsysteme unterliegen einer steten Dynamik, sei es aufgrund einer Anpassung ans Wetter oder betrieblicher Faktoren. Diese Dynamik kann für den Naturschutz von Vorteil sein, indem in unterschiedlichen Jahren unterschiedliche Weidewirkungen dominant ausgeführt werden – in einem Jahr die Offenhaltung und im kommenden Jahr die Vektorenfunktion. Um Empfehlungen für die Naturschutzpraxis und die Weidetierhalter weiter zu präzisieren, besteht in einigen Bereichen, wie zum Beispiel Detailspekte zur zoochoren Diasporenverbreitung, noch weiterer Forschungsbedarf. Diese könnten in Form einer übergreifenden Analyse betrachtet werden, in der auch neue Weidetierarten (wie Alpakas) oder die Rolle stomatochorer Ausbreitung von Arten gezielt berücksichtigt werden müssten. Unklar ist derzeit auch, in welchen Grünlandtypen epizoochor oder eher endozoochor verbreitbare Arten dominieren. Solche Informationen sind wichtige Handreichungen für die Planungs- und Weidepraxis, um einen naturschutzfachlich effizienten Biotopverbund in Zeiten des globalen Klimawandels in Landschaften zu etablieren.

Danksagung

Unser Dank gilt Julia Tez und Alexander Wenzel für die Unterstützung bei der Literaturrecherche.

Literatur

- BEIERKUHNLIN, C., JENTSCH-BEIERKUHNLIN, A., REINEKING, B. et al. (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes. – Ergebnisse des gleichnamigen F+E-Vorhabens (FKZ 3508 85 0600), Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- BEINLICH, B. (1997): Die Bedeutung der Hüteschäferei für Erhalt und Pflege der Kalkmagerrasen. – Jahrbuch Naturschutz in Hessen (2): 45–52.
- BONN, S. & POSCHLOD, P. (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. – Grundlagen und kulturhistorische Aspekte, Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- BULLOCK, J. M., KENWARD, R. E. & HAILS, R. S. (2008): Dispersal ecology. – The 42nd symposium of the British Ecological Society, held at the University of Reading, 02.–05.04.2001, Cambridge Univ. Press, Cambridge, Re-issued in this digitally printed version.
- BfN (= Bundesamt für Naturschutz, 2022): Biologische Merkmale – *Teucrium montanum* L. – www.flora-web.de/xsql/biologie.xsql?suchnr=5884 (abgerufen am 23.05.2023).
- CAMPBELL, N. A. & REECE, J. B. (Hrsg., 2009): Biologie. – Pearson Studium, München, 8. aktualisierte Aufl. (der engl. Orig.-Ausg., 3. Aufl. der dt. Übers.).
- CIRUJEDA, A., PARDO, G., MARÍ, A. I. et al. (2019): Emergence and viability of teosinte seeds (*Zea mays* ssp. *mexicana* ad int.) subjected to sheep digestion. – Weed Research 59(2): 145–154.
- COSYNS, E., BOSSUYT, B., HOFFMANN, M. et al. (2006): Seedling establishment after endozoochory in disturbed and undisturbed grasslands. – Basic and Applied Ecology 7 (4), 360–369.
- COUVREUR, M., CHRISTIAEN, B., VERHEYEN, K. et al. (2004): Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. – Applied Vegetation Science 7(2): 229–236.
- DEL-CLARO, K. & TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Hrsg., 2021): Plant-Animal Interactions. – Source of Biodiversity, 1st ed., Springer International Publishing, Imprint Springer, Cham.
- ERTL, S., HÜLBER, K., REITER, K. et al. (2002): Einfluss von Weidevieh und Wild auf die Ausbreitung alpiner Gefäßpflanzen.
- FARTMANN, T. (2017): Überleben in fragmentierten Landschaften – Grundlagen für den Schutz der Biodiversität Mitteleuropas in Zeiten des globalen Wandels. – Naturschutz und Landschaftsplanung 49(9): 277–282.
- FISCHER, S. F., POSCHLOD, P. & BEINLICH, B. (1996): Experimental Studies on the Dispersal of Plants and Animals on Sheep in Calcareous Grasslands. – The Journal of Applied Ecology 33(5): 1206.

- GARDENER, C. J., MCLIVOR, J. G. & JANSEN, A. (1993): Passage of Legume and Grass Seeds Through the Digestive Tract of Cattle and Their Survival in Faeces. – *The Journal of Applied Ecology* 30(1): 63.
- HOFMANN, M., LANGHOLZ, H., BONN, S. et al. (2007): Möglichkeiten der Diversifizierung von Grasland durch Endozoochorie. – In: WRAGE, N. und ISSELSTEIN, J. (Hrsg, 2007): *Neue Funktionen des Grünlands: Ökosystem, Energie, Erholung*. – 51. Jahrestagung der AGGF vom 30.08. bis 01.09.2007 in Göttingen, Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 8, Georg-August-Univ., Göttingen: 250–253.
- JEDICKE, E. (2015): „Lebender Biotopverbund“ in Weidelandschaften. Weidetiere als Auslöser von dynamischen Prozessen und als Vektoren – ein Überblick. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 47(8): 257–262.
- JOHANNESSEN, J., SAMIETZ, J., WALLASCHEK, M. et al. (1999): Patch connectivity and genetic variation in two congeneric grasshopper species with different habitat preferences. – *Journal of Insect Conservation* 3(3): 201–209.
- KAISER, T. & FISCHER, A. (2017): Suitability of two sheep landraces (Skudde and Bentheimer Landschaf) for extensive farming on fen grasslands. – *Grassland Science* 63(4): 225–235.
- KOLLMANN, J., KIRMER, A., TISCHEW, S. et al. (2019): *Renaturierungsökologie*. – Springer Spektrum, Berlin.
- METZING, D., GARVE, E., MATZKE-HAJEK, G. et al. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70(7): 13–358
- MOUSSIÉ, A. M., LENGKEEK, W. & VAN DIGGELEN, R. (2005): Estimating adhesive seed-dispersal distances: field experiments and correlated random walks. – *Funct. Ecology* 19(3): 478–486.
- MÜLLER-SCHNEIDER, P. (1986): *Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen Graubündens*. – Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich (85).
- NETO SIMAO, M., JONES, R. M. & RATCLIFF, D. (1987): Recovery of pasture seed ingested by ruminants – 1. Seed of six tropical pasture species fed to cattle, sheep and goats. – *Aust. J. Exp. Agric.* 27(2): 239.
- OLFF, H. & RITCHIE, M. E. (1998): Effects of herbivores on grassland plant diversity. – *Trends in ecology & evolution* 13(7): 261–265.
- OVEISI, M., OJAGHI, A., RAHIMIEN MASHHADI, H. et al. (2020): Potential for endozoochorous seed dispersal by sheep and goats: Risk of weed seed transport via animal faeces. – *Weed Research* 61(1): 1–12.
- PAKEMAN, R. J., DIGNEFFE, G. & SMALL, J. L. (2002): Ecological correlates of endozoochory by herbivores. – *Funct. Ecology* 16(3): 296–304.
- POSCHLOD, P. (2017): *Geschichte der Kulturlandschaft – Entstehungsursachen und Steuerungsfaktoren der Entwicklung der Kulturlandschaft, Lebensraum- und Artenvielfalt in Mitteleuropa*. – 2. akt. Aufl., Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).
- PURSCHE, O., SYKES, M. T., REITALU, T. et al. (2012): Linking landscape history and dispersal traits in grassland plant communities. – *Oecologia* 168(3): 773–783.
- RÖMERMANN, C., TACKENBERG, O. & POSCHLOD, P. (2005): How to predict attachment potential of seeds to sheep and cattle coat from simple morphological seed traits. – *Oikos* 110(2): 219–230.
- ROSBACH, S., CHALMANDRIER, L., PHARTYAL, S. et al. (2022): Inferring community assembly processes from functional seed trait variation along elevation gradient. – *Journal of Ecology* 110(10): 2374–2387.
- ROSENTHAL, G., SCHRAUTZER, J. & EICHBERG, C. (2012): Low-intensity grazing with domestic herbivores: A tool for maintaining and restoring plant diversity in temperate Europe. – *Tuexenia* 32(1): 167–205.
- SOLTANI, E., BASKIN, C. C., JERRY, M. et al. (2018): A meta-analysis of the effects of frugivory (endozoochory) on seed germination: role of seed size and kind of dormancy. – *Plant Ecol.* 219(11): 1283–1294.
- STREITBERGER, M., ACKERMANN, W., FARTMANN, T. et al. (2016): *Artenschutz unter Klimawandel – Perspektiven für ein zukunftsfähiges Handlungskonzept*. – Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3513 86 0800), Bundesamt für Naturschutz, BfN-Schriftenvertrieb (Leserservice) im Landwirtschaftsverlag GmbH, Bonn-Bad Godesberg, Münster.
- TACKENBERG, O., RÖMERMANN, C., THOMPSON, K. et al. (2005): What does diaspore morphology tell us about external animal dispersal? Evidence from standardized experiments measuring seed retention on animal-coats. – *Basic and Applied Ecology* 7(1): 45–58.
- Thompson, K., Bakker, P. P., Bekker, R. M. (1997): *The soil seed banks of North West Europe – Methodology, density and longevity*. – Cambridge Univ. Press., Cambridge.
- WARKUS, E., BEINLICH, B. & PLACHTER, H. (1996): Dispersal of grasshoppers (Orthoptera: Saltatoria) by wandering flocks of sheep on calcareous grassland in southwest Germany. – *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* (27): 71–78.
- WESSELS, S., EICHBERG, C., STORM, C. et al. (2008): Do plant-community-based grazing regimes lead to epizoochorous dispersal of high proportions of target species? – *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 203(4): 304–326.

Autorin und Autoren



Sabine Rothaug

Jahrgang 1994

Sabine Rothaug studierte im Bachelor Ökosystemmanagement in Göttingen und im Master den internationalen Studiengang Environmental Sciences in Landau (Pfalz). Zunächst arbeitete sie im betrieblichen Klimaschutz und im Naturschutzverband in Rheinland-Pfalz. Seit Oktober 2022 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Kassel im Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie.

Arbeitsschwerpunkte: Klimawandel, Ökologie, Ornithologie und Naturschutz

Universität Kassel
Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie
+49 561 804-2278
sabine.rothaug@uni-kassel.de

Dr. Nils Stanik

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Landschafts- und Vegetationsökologie

Universität Kassel
+49 561 804-1837
nils.stanik@uni-kassel.de

Prof. Dr. Gert Rosenthal

Professor und Leiter des Fachgebiets Landschafts- und Vegetationsökologie

Universität Kassel
+49 561 804-2350
rosenthal@asl.uni-kassel.de

Zitiervorschlag

ROTHAUG, S., STANIK, N. & ROSENTHAL, G. (2025): Bedeutung von Weidetieren als Vektoren für Pflanzen und Tiere in einem modernen Weide-Biotopverbund. – Anliegen Natur 47(1): online preview, 12 p., Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen.