

Weidenatur - ökologische Grundlagen für naturgemässe Weidelandchaften

Jonas Barandun, Ökonzept GmbH, CH-St.Gallen, barandun@oekonzept.ch

Unveröffentlichtes Manuskript

1.9.2023 / 1.3.2024

Inhaltsübersicht

1. Koevolution von Pflanzen und Pflanzenfressern	1
2. Pflanzenfresser als funktionale Schlüsselarten in der Landschaftsentwicklung	2
3. Landschaftsgeschichte	3
4. Dung, Kadaver und Stoffkreislauf	4
5. Waldlandschaft, Forstwirtschaft	6
6. Landwirtschaft, Weidemanagement	7
7. Fazit	9

Einleitung

Die Einführung von angepasster Beweidung zur Erreichung von Naturschutzzielen erfreut sich rasch wachsender Beliebtheit. In zahlreichen Gebieten verschiedener europäischer Länder wurde in den vergangenen 30 Jahren eine naturgemässe Beweidung mit unterschiedlicher Zielsetzung gestartet. Unter dem Schlagwort "rewilding" laufen weltweite Initiativen für die Wiederherstellung komplexer natürlicher Ökosysteme. Dabei spielen Herbivoren eine Schlüsselrolle. Inzwischen steht eine umfangreiche Datengrundlage für die Einordnung der ökologischen Zusammenhänge von naturgemässer Beweidung zur Verfügung. Ein kurzer Einblick in die leicht verfügbare Literatur zeigt, dass Beweidung ein geeignetes Mittel darstellt zur Erreichung unterschiedlicher Ziele im Biodiversitäts- und Klimaschutz.

Die nachfolgende Zusammenfassung von relevanten ökologischen Grundlagen soll Denkanstösse bieten zur Diskussion um die Etablierung von ökologisch begründeten naturgemässen Weidelandchaften.

1. Koevolution von Pflanzen und Pflanzenfressern

Pflanzen - insbesondere Gräser - haben sich in enger Verbindung mit Grossherbivoren entwickelt. In allen Regionen der Erde existieren Graslandschaften, welche ihre Existenz der ständigen Präsenz von Grossherbivoren verdanken (Schiley & Leytem 2004). Die Wuchskraft der Gräser beruht wesentlich darauf, dass die Triebe nahe am Boden abgefressen werden. In der Gegenwart von Grossherbivoren können Gräser grosse Landschaften über Jahrhunderte oder gar Jahrtausende stabil dominieren (Kapfer 2010). Die dauerhafte Erhaltung von grasbasierten Landschaften ohne Einbezug grosser Pflanzenfresser scheint unrealistisch.

Krautpflanzen sind weniger als Gräser auf Frass ausgerichtet. Manche Arten reagieren empfindlich auf Frass zu bestimmten Zeiten, beispielsweise während der Blüte und Samenreife oder wenn sie zu nahe am Boden abgefressen werden (Bunzel-Drücke et al. 2019). Zahlreiche Krautpflanzen haben Strategien entwickelt, um den Frass durch Herbivoren einzuschränken und in Konkurrenz mit Gräsern zu überleben.

Verschiedene gefährdete Pflanzen (z.B. Lungenenzian oder Arnika) sind zur Vermehrung auf offene Bodenstellen angewiesen (Streitberger et al. 2022, Zahn 2014). Bei anhaltender Schnittnutzung fehlen solche Stellen, was deren Bestand gefährdet. Kleinräumige offene Bodenstellen entstehen bei Beweidung auf Dunghaufen und Lägerstellen sowie bei Trittschäden. Dunghaufen stellen kurzfristig offene Stellen mit rasch verfügbaren Nährstoffen dar, welche ideale Bedingungen für die Keimung vieler Pflanzen bieten (Vera 2000). Die Präsenz von Grossherbivoren kann somit eine wichtige Rolle spielen bei der Erhaltung gefährdeter Blütenpflanzen.

Eine langdauernde Beweidung in geringer Dichte fördert sowohl seltene Pflanzenarten wie auch die Arthropoden- und Wirbeltierfauna. Das ist inzwischen durch zahlreiche Publikationen belegt (z.B. Bunzel-

Drüke et al. 2019, Martin 2020, Pulungan et al. 2019, Schiley & Leytem 2004, Schley 2004, Smalling et al. 2021, Zahn et al. 2007).

Für die Verbreitung von Samen sind zahlreiche Pflanzen auf Weidetiere als Vektoren angewiesen (Jedicke 2015, 2020, Rupp 2013). Besonders ins Gewicht fällt das bei der Verjüngung von Gehölzen (Bunzel-Drüke et al. 2009).

Als Ersatz für die Beweidung ist im vergangenen Jahrhundert die Schnittnutzung aufgekommen. Schnittnutzung ist kein ebenbürtiger Ersatz für Beweidung. Langdauernde Schnittnutzung von Grünland führt zur Selektion von Pflanzenarten, welche je nach Schnittzeitpunkt, Schnitthäufigkeit und Schnitthöhe diese künstlichen Bedingungen ertragen (Bunzel-Drüke et al. 2009, Kapfer 2010, Steidl 2002). Manche Arten werden bei mangelnder Beweidung und ständigem spätem Schnittzeitpunkt gefördert. Eine Beweidung im Frühjahr kann die Ausbreitung von Problempflanzen einschränken und die Artenvielfalt auf Wiesen nachhaltig fördern (Angerer et al. 2023, Hoiss et al. 2022).

Die Arthropodenfauna reduziert sich als Folge des Übergangs von Weidenutzung zu Schnittnutzung weitgehend auf ein Artenspektrum, welches sich in kurzer Zeit auf wachsenden Pflanzen entwickelt und von Nektar und Pollen lebt. Das ist ein Bruchteil des Landschaftspotenzials. Die faunistische Lebensgemeinschaft reagiert sensibel und nachhaltig auf Änderungen des Schnittzeitpunktes. (Bunzel-Drüke et al. 2009)

2. Pflanzenfresser als funktionale Schlüsselarten in der Landschaftsentwicklung

Grossherbivore spielen eine prägende Rolle bei der Entnahme und der Zersetzung von Biomasse (Bunzel-Drüke et al. 2009, Streitberger et al. 2022). Sie sorgen dafür, dass frische pflanzliche Biomasse rasch abgebaut wird und für weiteres Pflanzenwachstum zur Verfügung steht. Sie tragen auch dazu bei, dass Holz in den biologisch dominierten Stoffkreislauf gebracht und abgebaut wird.

Grossherbivore nehmen eine Schlüsselfunktion ein bei der Gewährleistung effizienter Stoffkreisläufe und komplexer Biodiversität. Die dauerhafte Präsenz von Grossherbivoren prägt nicht nur die Vegetationsentwicklung, sondern auch die biologische Bodenaktivität (Schütz et al. 2020, Windirsch et al. 2021). Auf diese Weise tragen sie zur Humusbildung und zur Einlagerung von CO₂ bei (McDowell 2009).

Eine grobe Schätzung der Dichte von Herbivoren vor der Präsenz des Menschen hat eine Größenordnung von 10 Tonnen Biomasse / km² ergeben (Manzano et al. 2023). Der Vergleich verschiedenartiger Naturlandschaften (afrikanische Savanne, südamerikanische Pampas, nordamerikanische Prärie, Weidelandschaften in Mitteleuropa) ergibt eine vergleichbare langfristig verträgliche Dichte von Grossherbivoren von etwa 10-50 Tieren à 500 kg pro Quadratkilometer (Bunzel-Drüke et al. 2009, Jędrzejewski et al. 2002, Vera 2000, WallisDeVries et al. 1998). Dabei wird die verfügbare Biomasse weitgehend abgeschöpft. Die Tierdichte wird natürlicherweise durch Nahrungsengpässe wie Dürren oder harte Winter reguliert und variiert im Laufe der Zeit wie auch räumlich stark. Grossraubtiere haben vor allem Einfluss auf die zeitliche Präsenz der Weidetiere.

Die Präsenz von Pflanzenfressern in einer naturbelassenen Landschaft hat komplexe Auswirkungen auf die Biodiversität, welche weit über den Kontext der Entnahme von Pflanzenbiomasse geht. Ebenso prägend ist der Abbau von Kot und Kadavern. Die auffälligsten Profiteure von naturgemässer Beweidung sind Arthropoden, welche wiederum die Grundlage für komplexe Lebensgemeinschaften bilden (Perino et al. 2019, Pulungan et al. 2019, van Klink et al. 2018, Online-Handbuch "Beweidung im Naturschutz"). Mittels gezielter Beweidung lassen sich auch Konflikte mit dominanter und biodiversitätsschädigender Vegetation entschärfen (z.B. Angerer et al. 2023, Vulink et al. 2000).

In der gegenwärtigen weltweiten Diskussion um «Rewilding» spielt die Einführung von funktional zielführenden Grossherbivoren eine zentrale Rolle (Carver 2021). Ein Hauptziel ist dabei die Entwicklung von trophischer Komplexität sowie grossräumiger naturgemässer Dynamik und Dispersion (Perino et al. 2019). Trophische Komplexität lässt sich unter heterogenen topografischen Bedingungen auch auf relativ kleinem Raum erzielen, sofern genügend Zeit für eigendynamische Entwicklung zur Verfügung steht.

Unter den europäischen Grossherbivoren lassen sich verschiedene funktionale Typen unterscheiden (Wokac 1997, Bunzel-Drüke et al. 2009):

Grasfresser sind darauf spezialisiert, grosse Mengen von pflanzlicher Biomasse mit geringem Nährwert aufzunehmen bakteriell aufzuschliessen. Dazu zählen grosse Herbivoren wie Büffel-, Rinder- Pferde- und Antilopenartige sowie Elefanten und Nashörner. Sie tragen dazu bei, grossflächige, grasdominierte Landschaften zu schaffen und zu erhalten. Durch ihr unselektives Fressverhalten fördern sie die Entwicklung von kleinräumig differenzierter Vegetation bis hin zum Aufkommen von Gehölzen.

Hirsche gehören ebenfalls zu den grasverwertenden Herbivoren. Sie fressen aber selektiv auch nährstoffreiche Krautpflanzen, Rinde und Zweige. Indem sie Gehölze unterschiedlich stark fressen, prägen sie zusammen mit anderen Arten die Waldentwicklung. Aufgrund ihrer hohen Mobilität können sie temporär sehr verschiedene Lebensräume nutzen.

Schafe mit ihrer mutmasslichen Wildform Mufflon fressen selektiver nährstoffreiche Pflanzen. Sie reissen sie nahe am Boden ab und fördern so die Ausbreitung von Pflanzen, vor allem Gräser, welche schwer auszureissen sind und unmittelbar am Boden spriessen. Wildschafe scheinen auf trockene, karge und gehölzarme Landschaften spezialisiert zu sein, wie sie in Mitteleuropa nur in steilen Felsformationen vorkommen. In lange schneebedeckter Landschaft können sie nicht überleben. Ihre Heimat sind mediterrane Landschaften.

Steinböcke und mehr noch Gämsen bevorzugen nährreiche und gut verdauliche Krautpflanzen. Sie fressen aber auch Gras, gelegentlich auch Knospen und Zweige. Während Steinböcke auf alpine Zonen spezialisiert sind, besiedeln Gämsen auch felsige Landschaften in tiefen Lagen.

Rehe sind spezialisiert auf die selektive Verwertung von nährreichen Krautpflanzen, Knospen, Rinde und Blätter (Konzentratselektierer). Sie sind am stärksten an Wälder gebunden.

Elche gehören ebenfalls zu den Konzentratselektierern, fressen aber noch mehr Rinde, Knospen und Zweige, und das bis in drei Meter Höhe. Vor allem fressen sie aber auch Wasserpflanzen (nicht Schilf). Elche bevorzugen Gehölz bestandene Feuchtgebiete und Gewässerufer.

Ebenfalls stark an Wasser gebunden sind Wasserbüffel, welche wenig selektiv fressen und damit prägenden Einfluss haben auf Röhrichte und Grasbedeckung (Enge 2009). Wasserbüffel waren Teil der voreiszeitlichen europäischen Herbivorenfauna.

Elefanten und Nashörner sind hauptsächlich Grasverwerter. Sie fressen aber auch Blätter, Zweige und Rinde. Dafür sind Elefanten auch fähig, Bäume zu fällen. Auf diese Weise dürften sie im voreiszeitlichen Europa prägenden Einfluss auf Wälder gehabt haben.

Zu den Arten der grossflächigen Graslandschaften zählen Pferde, Esel und Büffel. Wisente, Auerochsen und Hirsche haben einen stärkeren Bezug zu Gehölzen und leben vorzugsweise in einer halboffenen Landschaft. Tiere der offenen Landschaften unternehmen typischerweise weite Wanderungen, während gehölz- und wassergebundene Arten eher kleinräumig leben.

Biber gehören nicht zu den Herbivoren im engeren Sinn, prägen aber die Vegetationsentwicklung durch den grossflächigen temporären Rückstau von Wasser. Damit reduzieren sie örtlich die Waldentwicklung und fördern stattdessen sehr produktive und artenreiche Feuchtvegetation. Indem sie Rinde fressen und Bäume fällen, schaffen sie temporär gehölzfreie Flächen in Gewässernähe.

Wildschweine sind ebenfalls keine Herbivoren. Sie fressen bevorzugt Früchte, Samen und Pilze, wozu sie den Boden aktiv bearbeiten. Sie spielen damit eine Rolle in der Bodenentwicklung und der Verbreitung von Pflanzen in Ergänzung zu Herbivoren.

3. Landschaftsgeschichte

Die Verhältnisse im Pleistozän vor der letzten Eiszeit geben Hinweise auf die natürlichen Bedingungen ohne Einfluss des modernen Menschen. Damals existierte in Mitteleuropa eine grosse Diversität und Dichte von Grossherbivoren. Es besteht inzwischen breite Einigkeit, dass die grossen Pflanzenfresser die damalige Landschaft geprägt haben und für grossflächig gehölzarme und nur gebietsweise bewaldete Flächen gesorgt haben (Birks 2005, Geiser 1992, Reinecke et al. 2021, Vera 2000). In allen Vegetationszonen von Gewässerufern über Steppenlandschaften bis in Flusstäler und alpine Zonen waren spezialisierte Herbivoren präsent und haben so dafür gesorgt, dass Stoffkreisläufe über lange Zeit

kleinräumig weitgehend geschlossen blieben und dadurch eine dauerhafte und stabile Vegetation herrschte.

Schätzungen haben eine Dichte von Grossherbivoren in der Grössenordnung von etwa 10 Tonnen Biomasse pro km² ergeben, was der Dichte in heutigen naturnahen Landschaften wie Serengeti, Tundra oder englischen Parklandschaften nahekommt (Manzano et al 2023).

Aktuell orientieren sich grosse Renaturierungsprojekte ("rewilding") an der voreiszeitlichen Landschaft ohne menschliche Präsenz (Bunzel-Drücke et al. 1994, Zimov 2005, www.pleistocenepark.ru, www.rewildingeurope.com).

Nach der Eiszeit sind Grossherbivoren in Mitteleuropa weitgehend verschwunden. Nur Hirsche und Wildschweine scheinen während langer Zeit in grossen Beständen überlebt zu haben (Bleicher & Herbig 2010, Heicmann et al. 2014, Sommer et al. 2011, Wegmüller 2022). Hirsche haben seit dem Mittelalter vermutlich nur dank der gezielten Förderung in herrschaftlichen Parks überlebt (Vera 2000). Reliktvorkommen von Wisenten, Auerochsen, Gämsen und Steinböcke haben als Folge der Bejagung seit der Eiszeit wohl keinen wesentlichen Einfluss mehr gehabt auf die Landschaftsentwicklung. An ihrer Stelle haben Weidetiere und später der Ackerbau in der Umgebung von Siedlungen für offene Landschaften gesorgt. Durch Bejagung wurden grosse Herbivoren auch in abgelegenen Gebieten dezimiert. Auf diese Weise sind in Mitteleuropa bereits vor über 4000 Jahren auf weiten Teilen zusammenhängende halboffene Landschaften, durchsetzt mit geschlossenen Wäldern, entstanden (Bleicher & Herbig 2010, John & Birks 2005, Rösch 2001). Viele Fragen dazu bleiben freilich noch unbeantwortet.

Seit dem Mittelalter hat der Druck auf die Landschaft durch den steigenden Nahrungsmittelbedarf stark zugenommen. Äcker und Weiden wurden zu dominierenden Landschaftselementen und Wälder wurden zunehmend als Viehweiden genutzt. So sind natürliche Prozesse des Stoffumsatzes in Wäldern durch Grossherbivore teilweise ersetzt worden. Allerdings war die Bestossung in manchen Fällen wesentlich höher als unter natürlichen Verhältnissen, weshalb die Verjüngung in Wäldern oft unterblieb und Böden degradierten (Vera 2000). Auf Allmendweiden sind mancherorts Verhältnisse entstanden, welche mit natürlichen Verhältnissen vergleichbar waren. Die dabei eingesetzten Tiere haben das natürliche Spektrum von Grossherbivoren weitgehend ersetzt (Biro 2019). Es dominierten Rinder, Pferde, Ziegen, Schafe und Schweine. Reliktlandschaften mit langjährig stabiler naturgemässer Beweidung sind in Europa gegenwärtig vermutlich nur noch in Rumänien anzutreffen (Haft 2023).

Im 19. Jahrhundert hat sich zunehmend die Stallhaltung von Vieh durchgesetzt. Damit entfiel der natürliche Stoffkreislauf des Dungs auf den Weiden und die Bestossung erfolgte zeitlich konzentrierter (Kapfer 2010). Ausserdem trat zunehmend die Mahd anstelle der Beweidung. Das Abschneiden hat eine vergleichbare Wirkung auf Pflanzen wie das Abweiden. Deshalb hat sich auf Mähwiesen eine neue stabile Vegetation eingestellt, allerdings mit anderer Zusammensetzung. Ein wesentlicher Unterschied liegt darin, dass das kleinräumige Mosaik mit Dunghaufen, Altgrasstellen, kurz- und langrasigen Stellen sowie örtlich aufkommenden Gehölzen bei der Mahd verloren geht. Zudem wirkt der Schnittzeitpunkt selektiv auf Versamung und Ausbreitung und prägt damit rasch die Vegetation. Ebenso wird der kleinräumige Stoffkreislauf unterbunden und die Bodenregeneration ist eingeschränkt. Wenn Dunghaufen durch das flächige Ausbringen von Mist oder Gülle ersetzt werden, bleibt ein kleinerer Teil der Nährstoffe verfügbar. Ein wesentlicher Teil geht als anorganische Abbauprodukte in die Luft oder wird ins Grundwasser ausgewaschen. Die Effizienz und Komplexität des Stoffkreislaufs wird also durch Schnittnutzung und Stallhaltung reduziert.

Der heute für Extensivwiesen übliche Schnittzeitpunkt im Juni oder Juli ist sowohl für die Mehrheit der Pflanzen wie auch der Insekten ungünstig, insbesondere wenn er über viele Jahre zur gleichen Zeit erfolgt (Angerer 2023, Bunzel-Drücke et al. 2009).

4. Dung, Kadaver und Stoffkreislauf

Dung von Herbivoren ist eine Schlüsselstelle im Stoffkreislauf auf Vegetationsflächen. Darin ist pflanzliche Biomasse so aufbereitet, dass sie von Tieren ohne Hilfe von Bakterien oder Pilzen rasch weiter abgebaut werden kann (Bunzel-Drücke et al. 2019). Auf den Abbau dieser leicht zugänglichen Nahrung hat sich eine grosse Vielfalt von Tieren in enger Koevolution mit Pflanzen und Pflanzenfressern spezialisiert (Buse et al.

2015). Weil Herbivoren - insbesondere Rinder - grosse Mengen von Dung produzieren, können sich darauf Kleintiere in sehr grosser Zahl und Biomasse entwickeln. Eine grobe Schätzung hat ergeben, dass auf dem Dung, der von einer Kuh im Laufe eines Jahres produziert wird, 100 kg Insektenbiomasse entstehen kann (Bunzel-Drücke et al. 2009, Schoof & Luick 2019). Dabei spielt das ganzjährig verteilte wie auch das langjährig stete und grossflächige Angebot von Dung eine zentrale Rolle für die Artenvielfalt der beteiligten Tiere (Buse et al. 2015).

Auf einem einzigen Dunghaufen können sich mehrere Tausend Insekten entwickeln. Diese stehen als Nahrungsquelle für Insektenfresser zur Verfügung. Bei ganzjähriger Präsenz von Herbivoren steht diese Nahrung während der gesamten Vegetationsperiode auf räumlich voraussagbaren Flächen zur Verfügung. Über lange Zeit sind so hoch komplexe Nahrungsnetze mit weit verzweigten Nutzniessern entstanden (McDowell 2009). Insektenfressende Vögel, Fledermäuse und Reptilien können beispielsweise direkt vom Auftreten von dungbewohnenden Insekten profitieren. Das Ausbleiben dieser Nahrungsquelle reduziert das Potenzial für die Existenz vieler Arten.

Wenn Dung unter natürlichen Bedingungen abgebaut wird, werden pflanzlich verfügbare Nährstoffe rasch und verlustarm in den Boden eingearbeitet und stehen somit wieder für das Pflanzenwachstum zur Verfügung. Der Verlust von Stoffen durch bakteriellen und chemischen Abbau ist gering. Insbesondere bei Rinderdung, der durch eine rasch trocknende Haut gegen das Entweichen von Gasen und die Ausspülung durch Regen geschützt ist (Shah et al. 2015). Rinder hinterlassen im Vergleich zu anderen Herbivoren grössere Mengen von Dung.

Rinder stossen bei der Verdauung erhebliche Mengen CO_2 und Methan aus. Bei der Verdauung von schwerverdaulichen Rohfasern ist der Ausstoss erhöht. Bei der Zersetzung von Dung entstehen ebenfalls erhebliche Mengen von Stickoxiden und CO_2 , dies insbesondere, wenn der Dung als Misthaufen oder Gülle gelagert wird. Bei der Verbrennung von Biomasse ist der Schadstoffausstoss wesentlich höher.

Durch gezieltes Weidemanagement lässt sich die Bodenqualität bezüglich Humusgehalt und Stabilität nachhaltig verbessern (Teague & Kreuter 2020). Naturgemässe Beweidung führt zum Aufbau von organischem Boden und zur Einlagerung von CO_2 (McDowell 2009).

Komplexe Ökosystemdienstleistungen können Ökosysteme nur erbringen, wenn diese verschiedene trophische Ebenen umfassen (Soliveres et al. 2016). Wenn sich Biodiversitätsschutz auf die Förderung einzelner trophischer Ebenen (z.B. Blütenreichtum) oder gar Artengruppen konzentriert, ist die Gefahr gross, dass die Entwicklung komplexer Ökosysteme verhindert wird.

Je komplexer Ökosysteme aufgebaut sind, desto besser können Nährstoffe und Energie in biologischen Prozessen genutzt werden. Der kürzeste und biologisch verlustreichste Abbau von organischer Biomasse ist die Verbrennung, gefolgt von der Vergärung, bei der kaum Organismen beteiligt sind und die Abbaustoffe überwiegend als CO_2 und Stickoxide in der Luft verloren gehen. Je natürlicher der Abbau von pflanzlicher Biomasse, desto komplexer und verlustarmer wird er. Und je differenzierter die Vegetation und der Bodenaufbau, desto effizienter können Stoffe aus dem Boden wieder in Biomasse umgesetzt werden (Marquard E. et al. 2009). Die Komplexität der Biodiversität basiert auf einem langdauernden Prozess der Differenzierung und der optimierten Nutzung der örtlichen Ressourcen (Wagg et al. 2022). Dabei spielt die Verfügbarkeit von Wasser eine Schlüsselrolle.

Der Abbau von Dung ist ein Sinnbild für die Vorstellung, wonach Biodiversität als Diversifikation von Umwegen im Stoffkreislauf verstanden werden kann. Komplexe Lebensgemeinschaften sind im Wesentlichen verantwortlich für die Differenzierung und Steigerung der Effizienz im Kreislauf organischer Stoffe.

In unserer heutigen Landschaft fehlen die meisten Grossherbivoren. Die noch vorkommenden Arten führen ein Nischendasein, in dem sie ihre Rolle im Stoffkreislauf und der Landschaftsprägung nicht mehr erfüllen können. An ihrer Stelle übernimmt der Ackerbau auf weiten Flächen die Funktion der Entnahme von Biomasse. Dadurch wird der Stoffkreislauf unterbrochen. In der Viehhaltung wird zwar Biomasse durch Grossherbivoren verwertet. Anstelle der kleinräumigen organischen Zersetzung des Dungs ist aber die überwiegend anorganische Zersetzung getreten, wodurch Nährstoffe nur noch teilweise wieder für Pflanzenwachstum zur Verfügung gestellt werden und ein grosser Teil als Schadstoffe verloren geht.

Die natürliche Zersetzung von Kadavern in der freien Natur ist ebenso wie Dung von zentraler Bedeutung für die Biodiversität (Barton et al. 2013, Bump et al. 2009, Krawczynski et al 2022, van Klink et al. 2020). Wie bei Dung ist eine grosse Vielfalt verschiedener Organismen am Abbau der organischen Substanz von Tierkadavern beteiligt. Zahlreiche Arten haben sich darauf spezialisiert. Kadaver stellen eine zeitlich und räumlich verteilte Quelle mit grosser weitgehend leicht abbaubarer organischer Substanz dar. Die Besiedlung muss rasch und über grosse Distanzen hinweg erfolgen, verlangt also eine hohe Mobilität und präzisen Spürsinn der beteiligten Organismen. Bei grossen Kadavern kann eine grosse Menge von pflanzlich verwertbaren Stoffen auf kleinem Raum in den Boden eingearbeitet werden, was den Bodenaufbau und die Vegetationsentwicklung bis hin zur Waldverjüngung langanhaltend befeuert. (Krawczynski et al 2022)

Die traditionelle Entnahme von Tierkadavern aus der freien Natur stellt eine weitreichende Schädigung der Biodiversität dar. Die biologisch schädlichste Methode zur Beseitigung von Kadavern stellt die Verbrennung dar, bei der die Biomasse weitgehend in Luftschadstoffe ohne Energiegewinn umgewandelt wird.

Seit den 1950er Jahren sind früher weitverbreitete Dauerweiden bis auf Reliktflächen verschwunden. Auf Sömmerungsweiden und Koppelweiden auf räumlich und zeitlich eng begrenzten Flächen ist der Stoffkreislauf über Dung weiterhin in eingeschränkter Form möglich gewesen. In den 1990er Jahren ist die Behandlung von Rindern gegen Parasiten aufgekommen (Koopmann & Kühne 2017, Schoof & Luick 2019). Hauptsächlich wird dabei Ivermectin eingesetzt. Für die Sömmerung von Rindern ist die Behandlung seit etlichen Jahren vorgeschrieben.

Ivermectin und andere Mittel gegen Parasitenbefall wird mit dem Dung ausgeschieden und führt dazu, dass die dungabbauenden Insekten geschädigt werden (Schoof & Luick 2019). Im Laufe der Jahre verschwinden so dungbewohnende Insektenarten auf Weiden, die mit behandelten Rindern bestossen werden. Diese junge Entwicklung führt gegenwärtig zu einem Zusammenbruch der Insektenfauna auf verbleibenden Weidelandschaften.

Wenn in intensiv betriebenen Sömmerungsgebieten Dung eingesammelt und zentral als Misthaufen gelagert wird, wird der Abbau von Dung dem biologischen Prozess entzogen. Wenn der Mist später wieder flächig verteilt wird, kann er nicht mehr durch Tiere abgebaut werden. Nährstoffe gelangen dabei zu einem erheblichen Teil als Schadstoffe in die Luft oder werden in den Boden ausgewaschen. Das schadet der Biodiversität und reduziert die Effizienz der Nährstoffrückführung sowie das potenzielle Pflanzenwachstum.

5. Waldlandschaft, Forstwirtschaft

Für den Begriff Wald wurden bis vor 200 Jahren eine Vielzahl verschiedener Begriffe verwendet. Der heutige Waldbegriff wurde Mitte des 19. Jahrhunderts durch die Forstwirtschaft definiert und eingeführt (Luick & Schuler 2008, Kirby 2004, Vera 2000). Als Folge davon ist die Differenzierung von kulturbedingten Waldformen in Vergessenheit geraten.

Die Forstgesetze des 19. Jahrhunderts dienten der Maximierung der Holzproduktion und der Eindämmung von diversen Nutzungen im Wald (Luick & Schuler 2008). Die vollständige Verbannung von Weidetieren aus Wäldern hat der Biodiversität in Wäldern sowie der Waldentwicklung geschadet. Erst seit wenigen Jahrzehnten ist Waldweide unter Aspekten des Naturschutzes wieder ein Thema geworden (Dietiker 2008, Haft 2023, Vera 2000).

Wald wie wir ihn heute verstehen, ist ein anthropogen geprägter Lebensraum, der primär Aufgaben der Forstwirtschaft erfüllt (Kupferschmied et al. 2019). Das gilt auch für Naturwaldreservate, sofern Grossherbivore und Grossraubtiere nicht in naturgemässer Dichte vertreten sind.

Naturgemäss spielen Grossherbivoren in Wäldern eine Schlüsselrolle im Stoffkreislauf und in der Gewährleistung einer langfristig stabilen Biodiversität (Broughton et al 2021). Die Waldentwicklung wird natürlicherweise weltweit von grossen Pflanzenfressern geprägt (Vera 2000). Bäume haben verschiedene Strategien entwickelt, um den Frassdruck durch Pflanzenfresser einzudämmen. Bäume haben sich auf unterschiedliche Art an die Koexistenz mit Herbivoren angepasst. Grossherbivore sind somit natürliche

Beteiligte an der Waldentwicklung. Sie spielen auch eine wesentliche Rolle beim Stoffkreislauf, bei der Bodenentwicklung, bei der Biodiversität und bei der Klimabilanz im Wald.

In mitteleuropäischen Wäldern sind Herbivoren gegenwärtig weitgehend ausgeschlossen. Damit ist der natürliche Stoffkreislauf von Biomasse als Grundlage für komplexe trophische Nahrungsketten stark eingeschränkt (Kirby 2021). Dichte geschlossene Wälder mit geringem Unterwuchs weisen geringe Artenvielfalt, instabile Stoffkreisläufe und eine negative Boden- und Klimabilanz auf. Darin wird Holzproduktion auf Kosten von Biodiversität priorisiert. Besonders schädlich ist die Entfernung der gesamten Holzernte aus dem Wald. Die gepriesene CO₂-Neutralität der nachhaltigen Holznutzung entspricht nicht der Realität.

Die Wiedereinführung von Beweidung im Waldareal erfordert komplexe Abwägungen (von Königslöw 2013). Neben der Förderung von Biodiversität kann die Präsenz von Weidetieren im Wald beispielsweise die Gefahr von Waldbrand reduzieren, indem sie Bodenstreu entfernen und für einen begrünten Unterwuchs sowie für biologisch aktiven Boden sorgen. In alpinen Regionen kann die Eindämmung der Sömmerung die Lawinengefahr reduzieren. Wenn an deren Stelle die naturgemässe Beweidung durch Grossherbivore tritt, kann eine langfristig stabile, halboffene Gehölzvegetation bis zur natürlichen Waldgrenze entstehen.

6. Landwirtschaft, Weidemanagement

Mahd ist keine naturgemässe Pflege von Grünland. Mit der Schnittnutzung von Wiesen wird der Stoffkreislauf unterbrochen und ineffizient (Teague & Kreuter 2020).

Konventionelle Rinderrassen sind auf die Maximierung der Milch- und Fleischleistung gezüchtet. Faserreiches Raufutter ist für sie schlecht verwertbar und wird gemieden. Für die naturgerechte Beweidung von Grünland sind sie deshalb ungeeignet. Dasselbe gilt für die konventionelle Schaf- und Pferderassen.

Eine langfristig angelegte naturgemässe Beweidung stellt hohe Anforderungen an die eingesetzten Weidetiere und an das Management (z.B. Lorenz et al. 2019, Rogge & Schalitz 2008, Schröder 2010 Tierärztl. Vereinigung et al. 2023). Die Tiere sollen möglichst wenig Trittschäden verursachen, wenig agil und ausbruchslustig sein, Schilf, Seggen, Altgras, Weiden, Brombeeren, Adlerfarn und Neophyten etc. gern fressen und zugleich junges Gehölz zwar zurückdrängen aber nicht übermässig schädigen. Schützenswerte Vegetation sollen sie unselektiv fressen und dabei nicht zu nahe am Boden abbeißen und dann alles gut und klimaschonend verdauen. Sie sollen in Feuchtgebieten wie auch in Steillagen und bewaldeten Flächen sowie mit Schnee gut zurechtkommen, gern im Wasser stehend fressen, hitze- und kältetolerant sein und schliesslich Wolfsangriffe gut abwehren können. Sie sollen ganzjährig ohne Witterungsschutz auskommen und leicht gebären. Wichtig ist auch, dass sie gegenüber Freizeitgenießern tolerant und im Umgang ungefährlich sind. Je grösser die Beweidungseinheit ist, desto grösser ist die Flexibilität bei der Wahl der Tiere. Eine biodiversitätsfördernde Beweidung verlangt grosse Flächeneinheiten und den ganzjährigen gemischten Einsatz verschiedener Weidetiere.

Der uneingeschränkte Zutritt der Landschaft für Freizeitnutzung lässt sich in naturgemässen Weidelandschaften nicht gewährleisten. Es sind Lösungen zu finden für die Reduktion der Risiken bei Begegnungen zwischen halbwilden Weidetieren und Freizeitnutzern.

Schottische Hochlandrinder bieten viele Eigenschaften, welche für eine naturgemässe Beweidung günstig sind (Lehnert 2021, Pauler et al. 2019). Sie sind geländegängig, wenig agil und verursachen geringe Trittschäden. Sie sind äusserst witterungsfest und brauchen auch im Winter nur wenig Schutz. Sie sind feuchtigkeitstolerant und weiden auch in flachem Wasser. Sie fressen mit Vorliebe Schilf, Weiden und Erlen. Sie können aber auch in steilem und steinigem Gelände eingesetzt werden. Sie sind aber nur beschränkt hitzetolerant. Die in der Schweiz verfügbaren Hochlandrinder wurden bereits über mehrere Generationen weitergezüchtet. Dabei hat sich die Nahrungspräferenz und das Verhalten teilweise verändert. Dem ist bei der Auswahl der Tiere Beachtung zu schenken. Dasselbe gilt für Galloway-Rinder und Wasserbüffel (Krawczynski et al. 2008). Galloways gelten als wenig geeignet für die Beweidung in Feuchtgebieten. In Osteuropa existieren noch mehrere Rassen von Wasserbüffeln mit unterschiedlichen Charakteristika (Grünenfelder & Broxham 2012, Histrov et al. 2016). Ausserdem sind in Bulgarien und

Rumänien weitere ursprüngliche, robuste und geländegängige Rinderrassen (z.B. Rhodopen Kurzhornrind) bekannt. Deren Eignung für den Einsatz in mitteleuropäischen Dauerweiden ist prüfenswert.

Unter den robusten Pferderassen werden Koniks am häufigsten eingesetzt. Bei Ziegen wird der Wahl der Rasse meistens wenig Beachtung geschenkt. Dabei bestehen grosse Unterschiede in der Nahrungspräferenz und dem Verhalten sowie der Robustheit verschiedener Rassen.

Der zielgerichtete Einsatz von Weidetieren in der heutigen oft kleinräumigen Landschaft verlangt eine sorgfältige Optimierung der Eigenschaften der einzusetzenden Tiere. Das erfordert eine genaue Prüfung der verfügbaren Tierrassen auf ihre funktionale Eignung und für die Zukunft innovative Züchtungen.

In der Kulturlandschaft braucht es Abzäunungen für Weidetiere. Mechanische Weidezäune lassen sich in komplexen oder unwegsamen Landschaften nicht installieren und unterhalten. Für grossflächige Beweidung sind in unwegsamem und komplexem Gelände virtuelle Zäune eine verheissungsvolle Lösung (Bunzel-Drücke et al. 2009, Fuchs et al. 2024).

Als Faustregel gilt, dass eine naturnahe Beweidung ab einer Flächengrösse von 10 ha empfohlen werden kann (Bunzel-Drücke et al. 2019). Für eine ganzjährige naturgemässe Beweidung sollte eine Flächeneinheit von mind. 50 ha zur Verfügung stehen. Für eine ökologisch komplexe naturgemässe Weidelandschaft sind mindestens 100 ha mit unterschiedlicher Vegetation und Topografie erforderlich. Falls auf der Fläche zuvor keine langjährige naturnahe Beweidung stattgefunden hat, kann der Aufbau komplexer Artengemeinschaften mehrere Jahrzehnte dauern.

Je kleiner die Flächen, desto aufwendiger das Management und riskanter das Ergebnis. Wenn Flächeneinheiten von unter 1 ha schonend beweidet werden sollen, ist der Aufwand für den Tierbesatz und die fachliche Begleitung sehr gross und erfordert zusätzliche Pflegeeingriffe. Der Aufwand kann dann deutlich grösser sein als bei einer Schnittpflege und lässt sich nur für spezifische Artenfördermassnahmen rechtfertigen.

Als Richtwert für eine naturgemässe Beweidung gilt eine ganzjährig gemittelte Besatzstärke von 0.3 GVE/ha (Bunzel-Drücke et al. 2019). Der Wert variiert je nach Standortbedingungen. Als Orientierungshilfe kann angenommen werden, dass eine GVE pro Jahr und ha während 100 Tagen eingesetzt werden kann. Bei grösserer Dichte reduziert sich die Anzahl Bestossungstage. Eine Bestossung ausserhalb der Vegetationsperiode kann dazu dienen, unbeliebte Pflanzen und Altgrasbestände stärker abzufressen. Dabei ist besonders auf die Vermeidung von Trittschäden zu achten.

Die Entwicklung von komplexen Ökosystemen mit Hilfe von naturgemässer Beweidung ist nicht mit der Erhaltung alter Tierrassen oder der Wiedereinführung von charismatischen Wildtierarten gleichzusetzen. Die Etablierung ursprünglicher Wildformen stellt ein eigenständiges Ziel dar, welches sich in der heutigen Landschaft nur an sehr wenigen Orten realisieren lässt. Im Gegensatz dazu stehen bei der Etablierung naturgemässer Weidelandschaften die funktionalen Eigenschaften der eingesetzten Weidetiere im Vordergrund.

Die Sömmerung von Nutzvieh ist nur unter eng definierten Bedingungen, bei geringer Dichte und ohne Einsatz von Gift- und Fremdstoffen förderlich für die alpine Biodiversität. Zur Erhaltung von Biodiversität in alpinen Lagen muss die Nutzung an naturgemässer Beweidung ausgerichtet werden. Die heutige Bestossung von Alpen mit Kühen und Schafen ist in den meisten Fällen biodiversitätsschädigend. Die Eliminierung von Gehölzen aus der alpinen Landschaft stellt eine wesentliche Beeinträchtigung der Biodiversität dar.

Ohne Sömmerung könnten Alpen durch Hirsche, Gämsen und Steinböcke langfristig ausreichend beweidet werden, um vielfältige stabile Lebensgemeinschaften zu entwickeln (Hodel 2021, Widmer et al 2020). Voraussetzung dafür wäre, dass die Weidetiere sich in naturgemässer Dichte und Dynamik entwickeln könnten. Seit der Eiszeit ist das infolge von Jagd, Sömmerung und Holznutzung in Europa vermutlich noch nie möglich gewesen.

Der Energieverbrauch durch Mähen, Mähaufbereitung, Lagerung und Düngung macht einen erheblichen Anteil der durch die Biomasse generierten Energie aus (Hörtl 1997). Eine grobe Schätzung ergibt pro Hektare genutzter Extensivwiese einen jährlichen Dieserverbrauch von ungefähr 40-80 Liter für Mähen und Einbringen des Schnittguts (landwirt.com). Die Energiebilanz von Beweidung ist dagegen günstiger

und umweltschonender. Die zukünftige Herausforderung, den Aufwand für die Pflege von Schutzgebieten zu optimieren, verlangt innovative, ressourcenschonende Lösungen.

7. Fazit

Die Wiederherstellung von funktionsfähigen Ökosystemen setzt den Wiederaufbau von komplexen trophischen Nahrungsnetzen und Stoffkreisläufen voraus. Dem Einsatz von Weidetieren in naturgemässer Präsenz kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Dabei ist zu beachten, dass verschiedenartige Pflanzenfresser unterschiedlichen Einfluss auf das Ökosystem haben. Die Planung und das Management einer naturgemässen Beweidung stellt hohe fachliche Anforderungen und darf sich nicht an bestehenden wirtschaftlichen oder betrieblichen Rahmenbedingungen orientieren.

Naturgemässe Beweidung bietet eine Möglichkeit, den Aufwand für die Pflege von Schutzgebieten zu reduzieren und komplexere Lebensgemeinschaften aufzubauen. In vielen Schutzgebieten ist daher die Einführung einer gezielten Beweidung prüfenswert. Die fachlichen und betrieblichen Anforderungen an eine naturgemässe Beweidung sind allerdings wesentlich höher als bei einer Schnittpflege.

Obwohl naturgemässe Beweidung erst auf grosser Fläche die volle Wirkung entfalten kann, lässt sich auch in kleinen Schutzgebieten ein ökologischer Mehrwert durch die Einführung einer zielorientierten Beweidung gewinnen. Die fachlichen Anforderungen und der betriebliche Aufwand sind dabei allerdings erhöht.

Naturgemässe Beweidung kann eine essenzielle Rolle spielen bei der Regeneration von fruchtbaren Böden auf degradiertem Kulturland. Langjährige naturgemässe Weiden können Senken für den Ausstoss von Stickoxiden und CO₂ darstellen. Sie eignen sich somit als ökologischer Ausgleich für intensive und umweltschädliche Landnutzung.

Die ganzjährige unmanipulierte Präsenz von Dung in der Landschaft ist ein Schlüssel zur Wiederherstellung von komplexen trophischen Lebensgemeinschaften. Dasselbe gilt für Tierkadaver. Für den Wiederaufbau degradierter Lebensgemeinschaften sind allerdings lange Zeiträume einzurechnen.

An der gegenwärtigen Biodiversitätskrise trägt die Pflege von Schutzgebieten und die Fokussierung auf spezifische Artenförderung eine Mitverantwortung. Mit der Einführung einer naturgemässen Weidenutzung auf Flächen mit Schnittnutzung lässt sich Biodiversität vielerorts fördern und stabilisieren. In der komplex genutzten Landschaft ist die Verträglichkeit der Weidetiere mit verschiedensten Nutzern zu optimieren. Die vermehrte Präsenz von Weidetieren in der Landschaft verlangt auch Einschränkungen in der bisherigen Landnutzung.

8. Quellenverzeichnis

- Angerer V., D. Katzenmayer, S. Hölzl, J. Eberle, J. C. Habel (2023): Vornutzung zur Förderung von artenreichem Grünland. - ANLiegen Natur 45 (1): 10 S.
- Angerer V., D. Katzenmayer, A. Rimböck, S. Hölzl, J. C. Habel (2023): Artenreiche Borstgrasrasen und Pfeifengraswiesen durch Vormahd und Vorweide erhalten. – ANLiegen Natur 45(2): 97–110.
- Bakker E.S., Svenning J-C. (2018): Trophic rewilding: consequences for ecosystems under global change. - Phil. Trans. R. Soc. B 373 (1761): B373: 20170432.
- Barton, P.S., Cunningham, S.A., Lindenmayer, D.B. et al. (2013): The role of carrion in maintaining biodiversity and ecological processes in terrestrial ecosystems. - Oecologia 171: 761–772
- Biro M., et al. (2019): Reviewing historical traditional knowledge for innovative conservation management: A re-evaluation of wetland grazing. - Sci. total Environment 666: 1114-1125.
- Bleicher, N., C. Herbig (2010): Der Federsee: Landschaft und Dynamik im Neolithikum. - in: Matuschik & Strahm et al. (Hrsg.): Vernetzungen, Aspekte siedlungsökologischer Forschung. - Lavori Verlag, Freiburg Br.: 95-112.
- Broughton R. K. et al. (2021): Long-term woodland restoration on lowland farmland through passive rewilding. – Plos One 16(6): e252466, 16 S.

- Bump, J.K. et al. (2009): Ungulate Carcasses Perforate Ecological Filters and Create Biogeochemical Hotspots in Forest Herbaceous Layers Allowing Trees a Competitive Advantage. - *Ecosystems* 12, 996–1007.
- Bunzel-Drücke M., J. Drücke, H. Vierhaus (1994): Quaternary Park – Überlegungen zu Wald, Mensch und Megafauna. *ABUinfo* 17/18, 35 S.
- Bunzel-Drücke M. et al. (2009): Wilde Weiden. Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung. – ABU Bad Sassendorf, 221 S.
- Bunzel-Drücke M. et al. (2019): Naturnahe Beweidung und Natura 2000 – Ganzjahresbeweidung im Management von Lebensraumtypen und Arten im europäischen Schutzgebietssystem Natura 2000. – Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz, Bad Sassendorf, 411 S.
- Buse J. et al. (2015). Relative importance of pasture size and grazing continuity for the long-term conservation of European dung beetles. *Biological Conservation*. 187. 112-119.
- Carver S. et al. (2012): Guiding principles for rewilding. – *Cons. Biol.* 35 (6): 1882-1893.
- Dietiker F. (2008): Waldweide - Tradition unter veränderten Vorzeichen. *Umwelt Aargau* 41: 23-26.
- Enge D. (2009): Landschaftspflege mit Wasserbüffeln. - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41 (9): 277-285.
- Enge D. (2009): Landschaftspflege mit Wasserbüffeln. - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41 (9): 277-285.
- Fuchs P., et al. (2024): Stress indicators in dairy cows adapting to virtual fencing. - *J. Animal Sci.* 102: 1-17. doi.org/10.1093/jas/skae024
- Geiser R. (1992): Auch ohne Homo sapiens wäre Mitteleuropa von Natur aus eine halboffene Weidelandschaft. – *Laufener Seminarbeitr.* 2/92: 22-34.
- Grünenfelder H. P. E. & Broxham (2012): Tiergenetische Ressourcen in Rumänien. Monitoring, Erhaltung und Netzwerkbildung. - *Int. Bericht SAVE Foundation*, 16 S.
- Haft J. (2023): Wildnis. Unser Traum von unberührter Natur. – Penguin Verlag: 142 S.
- Heicmann M. et al. (2014): Origin, history, management and plant species composition of grasslands in Central Europe - a review. - in: *Grassland Science in Europe, Proceedings of the 24th General Meeting of the European Grassland Federation Lublin, Poland 3–7 June 2012, Vol. 17: 554-567.*
- Histrov P., D. Sirakova, I. Mitkov, N. Spassov & G. Radoslavov (2016): Balkan Brachiceros cattle – the first domesticated cattle in Europe. – *Mitochondrial DNA Part A*: 6 S.
- Hodel R. (2021): Hirsche verkürzen Alpsommer der Kühe. *Der Schweizer Bauer* 3.6.2021.
- Hoermann C., K. G. Jung, S. Steiger, M. Ayasse (2018): Effects of abiotic environmental factors and land use on the diversity of carrion-visiting silphid beetles (Coleoptera: Silphidae): A large scale carrion study. - *PlosOne* 13 (5): e0196839.
- Hoiss, B., Berg, M. & Krämer, M. (2022): Die Herbstzeitlose im extensiven Grünland. – *ANLiegen Natur* 44(1): 123–126.
- Hörtl A. (1997): Energieumsatz - ein Maßstab für naturnahe Kulturlandschaft? - *Grüne Reihe des Bundesministeriums, Wien* 11: 122-154.
- Jedicke E. (2015): „Lebender Biotopverbund“ in Weidelandschaften – Weidetiere als Auslöser von dynamischen Prozessen und als Vektoren – ein Überblick. - *NuL* 47 (8/9) 257-262
- Jędrzejewski, W. et al. (2002): Kill rates and predation by wolves on ungulate populations in Białowieża primeval forest (Poland). - *Ecology* 83 (5): 1341-1356.
- John, H., B. Birks (2005): Mind the gap: how open were European primeval forests? - *TREE* 422: 1-3.
- Kapfer, A. (2010): Beitrag zur Geschichte des Grünlands Mitteleuropas. - *NuL* 42 (5): 133-140.
- Kapfer, A. (2010): Mittelalterlich-frühneuzeitliche Beweidung der Wiesen Mitteleuropas. - *NuL* 42 (6): 180-187.
- Kirby K. J. (2004): A model of a natural wooded landscape in Britain as influenced by large herbivore activity. - *Forestry* 77 (5): 405-420.

- Kirby K.J. (2021): A model of a natural wooded landscape in Britain as influenced by large herbivore activity. - *Forestry* 77 (5): 405-420.
- Koopmann R., S. Kühne (2017): Tierarzneimittel (Antiparasitika) in Kuhfladen - Ein Risiko für Nicht-Ziel-Organismen (Literaturübersicht. - *Appl. Agric. Forestry Res.* 2: 70-92.
- Krawczynski R., P. Biel, H. Zeigert (2008): Wasserbüffel als Landschaftspfleger. Erfahrungen zum Einsatz in Feuchtgebieten - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 40 (5): 133- 139.
- Krawczynski R. (2022): Mehr Toleranz für verwesende Leichen. - in: *Spektrum Kompakt* 25.4.2022: Die Zukunft des Waldes: 49-58.
- Kupferschmied A., P. Brang, H. Bugmann (2019): Abschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung. - *Schweiz. Z. Forstwesen* 170 (3): 125-134.
- Lehnert S. (2021): Naturschutzweiden in den tiefen Lagen der Schweiz. - Bachelorarbeit ETH Zürich.
- Lorenz, A., Henning, K., Tischew, S, Felinks, B. et al. (2019): Praxisleitfaden: Einrichtung, Betrieb und wissenschaftliche Begleitung von halboffenen Weidelandschaften auf ehemaligen militärischen Übungsflächen – mit Beispielen aus der Oranienbaumer Heide. Hochschule Anhalt, Bernburg. 60 S.
- Luick R. & Schuler, H.-K. (2008): Waldweide und forstrechtliche Aspekte.- *Berichte des Institutes für Landschafts- und Pflanzenökologie der Univ. Hohenheim* (17), 149-164.58.
- Manenti R., F. De Bernardi, G. F. Ficetola (2013): Pastures vs. forests: do traditional pastoral activities negatively affect biodiversity? The case of amphibian communities. - *North-Western Journal of Zool.* 9: art.131511.
- Mannstedt T. (2016): Extensive Ganzjahresbeweidung halboffener Weidelandschaften mit Pferden. - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 8: 18 S.
- Manzano P. et al. (2023): Underrated past herbivore densities could lead to misoriented sustainability policies. – *npj Biodiversity* 2023 (2):2, 6 S.
- Marquard E., et al. (2009): Positive biodiversity–productivity relationship due to increased plant density. - *J. of Ecology* 97: 696-704.
- Martin M. et al. (2020): Bewirtschaftung von artenreichen Moorweiden. - *int. Bericht BAFU*, 41 S.
- McDowell R.W. (Hrsg., 2009): *Environmental Impacts of Pasture-based Farming.* - CABI 283 S.
- Pauler C. M. et al. (2019): Choosy grazers: Influence of plant traits on forage selection by three cattle breeds. - *Functional Ecol.* 34: 980-992.
- Perino A., et al. (2019): Rewilding complex ecosystems. - *Science* 364: 1-8
- Pulungan M. A. et al. (2019): Grazing enhances species diversity in grassland communities. - *Sci. Reports* 9: 11201.
- Reinecke J., F. Kienast, K. Ashastina, K. Wesche (2021): Effects of large herbivore grazing on relics of the presumed mammoth steppe in the extreme climate of NE Siberia. – *scientific reports* 11:12962, 12 S.
- Reisinger E., H.Nickel, R. Luick, M. Bunzel-Drüke, A. Idel (2019): Wir haben einen Traum: Deutschland im Jahr 2035, nach Überwindung der Biodiversitätskrise. – in Bunzel-Drüke M. et al *Naturnahe Beweidung und Natura 2000, ABU Bad Sassendorf*: 358-369.
- Rogge H., G. Schalitz (2008): Ergebnisse und Erfahrungen bei der Beweidung von Trockenrasen im Nationalpark Unteres Odertal. - in: *Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal* (4), 15-27.
- Rösch M. (2001): Vom Urwald zum Maisfeld - Landschaftsgeschichte am Bodensee/Untersee. - in: *Was haben wir aus dem See gemacht? Kulturlandschaft Bodensee, Teil 2, Untersee*: 21-33.
- Rupp M. (2013): *Beweidete lichte Wälder in Baden-Württemberg: Genese, Vegetation, Struktur, Management.* - Diss. Uni Freiburg: 301 S.
- Schiley, L., M. Leytem (2004): Extensive Beweidung mit Rindern im Naturschutz: eine kurze Literaturobachtung hinsichtlich der Einflüsse auf die Biodiversität. - *Bull. Soc. Nat. Luxemb.* 105: 65-85.
- Schley L. (2004): Extensive Beweidung mit Rindern im Naturschutz: eine kurze Literaturobachtung hinsichtlich der Einflüsse auf die Biodiversität. - *Bull. Soc. Nat. Luxemb.* 105: 65-85.

- Schoof N., R. Luick (2019): Antiparasitika in der Weidetierhaltung. Ein unterschätzter Faktor des Insektenrückgangs? - NuL 51 (10): 486- 496.
- Schröder M. (2010): Veterinärmedizinische Aspekte bei der Renaturierung von Biotopen mit dem Konzept der halboffenen Weidelandschaft. - Diss. Univ. Lüneburg, BfN-Skripte 270: 53 S.
- Schütz M., P. Anderwald, A. C. Risch (2020): Nahrungsnetze im Schweizerischen Nationalpark. - Nationalpark-Forschung in der Schweiz 109: 154 S.
- Shah G. M., et al. (2015): Effect of storage conditions on losses and crop utilization of nitrogen from solid cattle manure. - J. Agricultural Sci 154 (1): 58-71.
- Smalling K. I., et al. (2021): Monitoring wetland water quality related to livestock grazing in amphibian habitats. - Environ. Monit. Assess. 193: 17 S.
- Soliveres S., F. van der Plas, P. Manning, *et al.* (2016): Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. *Nature* 536, 456–459. <https://doi.org/10.1038/nature19092>
- Sommer R.S. et al. (2011): Holocene survival of the wild horse in Europe: a matter of open landscape? - J. Quart. Sci. 26(8): 805-812 (DOI: 10.1002/jqs.1509)
- Steidl I. (2002): Beweidung von Feuchtgrünland - Ökologische, naturschutzfachliche und betriebsökonomische Aspekte im Landschaftspflegekonzept Bayern (LPK). - Laufener Seminarbeiträge 1/2: 67-83.
- Streitberger M., Borgmann P., Drung M. B. Wrede, T. Fartmann (2022): Disturbance and biomass removal enhance population reinforcement of a plant species of European conservation concern. - Plant Ecology & Diversity 15: 153-167.
- Teague R., U. Kreuter (2020): Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. - Front. Sustain. Food Syst. 4: 534187.
- Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz & Naturstiftung David (Hrsg.) (2023): Leitlinien für die tiergerechte ganzjährige Weidehaltung von Rindern und Pferden auf Naturschutzflächen. – Online Bericht (www.naturschutzflaechen.de). 19 S.
- van Klink R., M. F. Wallis de Vries (2018): Risks and opportunities of trophic rewilding für arthropod communities. *Phil. Trans. R. Soc.* 373: 20170441.
- van Klink, R., J. van Laar-Wiersma, O. Vorst, C. Smit (2020): Rewilding with large herbivores: Positive direct and delayed effects of carrion on plant and arthropod communities. - PLoS ONE 15: 1-17.
- Vera, F.W.M. (Hrsg.) (2000): Grazing ecology and forest history. - CABI Publishing, Oxon, 506 S.
- von Königslöw V. (2013): Potential von Waldweiden im Schweizer Mittelland: Aktuelle Beurteilung aus Sicht der Forst- und Landwirtschaft. - Bachelorarbeit FibL Frick / Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: 50 S.
- Vulink J. T., H. J. Drost, L. Jans (2000): The influence of different grazing regimes on Phragmites- and shrub vegetation in the well-drained zone of a eutrophic wetland. - Appl. Vegetation Sci. 3: 73-80.
- Wagg C. et al. 2022): Biodiversity-stability relationships strengthen over time in a long-term grassland experiment. - Nature Communications 13(1): 11 S. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35189-2>.
- WallisDeVries M.F., J.P. Bakker & S.E.V. Wieren (Hrsg.) (1998): Grazing and conservation management. - Kluwer Academic Publishers, 374 S.
- Walter T., K. Schneider, Y. Gonetsh (2007): Schnittzeitpunkt in Ökowieden: Einfluss auf die Fauna. - Agrarforschung 14 (3): 114-119.
- Widmer S., M. Riesen, B.O. Krüsi, J. Dengler, R. Billeter (2020): Wenn Gämsen Schafe ersetzen: Fallstudie zu den Auswirkungen auf die Diversität von alpinen Rasen. - Tuexenia 40: 225-246.
- Wegmüller F. (2022): Der Abri Unterkobel bei Oberriet. Ein interdisziplinärer Blick auf 8000 Jahre Siedlungs- und Umweltgeschichte im Alpenrheintal. – Archäologie in St.Gallen 3: 393 S.
- Windirsch T. et al. (2021): Large herbivores affecting permafrost – impacts of grazing on permafrost soil carbon storage in northern Siberia. – Biogeosciences Discussions, 24 S.
- Wokac R. M. (1997): Zur Nahrungsökologie rezenter und vorzeitlicher Pflanzenfresser. – Grüne Reihe des Bundesministeriums, Wien 11: 155-218.

- Zahn A., A. Juen, M. Traugott, A. Lang (2007): Low density grazing enhances arthropod diversity of abandoned wetland. - Appl. Ecol. Envir. Res. 5(1): 73-86.
- Zimov, S.A. (2005): Pleistocene Park: Return of the Mammoth's Ecosystem. - Science 308 (5723): 796-798 (doi:10.1126/science.1113442)
- www.anl.bayern.de/fachinformationen/beweidung (Online-Handbuch "Beweidung im Naturschutz")
- www.gruenlandleitfaden.offenlandinfo.de/management/massnahmen-und-wirkung/beweidung
- www.pleistocenepark.ru
- www.rewildingeurope.com

Die Dokumente von Bunzel-Drücke et al. 2009 und 2019 bieten eine umfassende Grundlage für die Etablierung von naturgemässen Weidelandschaften.