

3.12 Grünland spielt eine wichtige Rolle für die Vielfalt und für das Klima

VICKY M. TEMPERTON

Grünland spielt eine wichtige Rolle für die Vielfalt und für das Klima: Artenreiche Wiesen und Weiden sind Ökosysteme, die uns so vertraut sind, dass wir ihre wichtige Rolle in den Kultur-Landschaften Europas scheinbar nicht mehr so klar wahrnehmen, wie wir es vielleicht tun sollten. Wenig bekannt ist, dass Grünland-Ökosysteme weltweit die höchste Vielfalt an Pflanzen auf kleiner Skala beherbergen. Die Tatsache der extrem hohen Vielfalt auf kleinem Raum in Weiden und Wiesen überrascht und lädt uns ein, die Bedeutung dieses vielfältigen Ökosystems näher kennenzulernen. Welche Funktionen hat das Grünlandsystem in Bezug auf Ertrag, Nährstoffkreisläufe, Kohlenstoffspeicherung und als Stütze zur Minderung der Effekte des Klimawandels? Die hohe Vielfalt an Pflanzenarten bietet eine Plattform für eine Fülle von Interaktionen mit anderen Organismen wie Insekten und anderen Evertebraten (etwa Spinnen, Regenwürmern), Reptilien, Säugetieren, Pilzen und Bakterien. Eine höhere funktionelle Vielfalt führt dazu, dass das Ökosystem insgesamt mit geschlosseneren Nährstoffkreisläufen besser funktioniert und auch eine höhere Biodiversität der nicht-pflanzlichen Arten aufweist (anderer trophischer Ebenen). Dies bedeutet, dass bestimmte Ökosystemleistungen wie die Kohlenstoffspeicherung, Schutz vor Erosion und Auswaschungen, Produktivität und Heuertrag, das Anlocken von Bestäubern und Feinden von Schädlingen auch besser gewährleistet sind, wenn mehr Arten mit unterschiedlichen „functional traits“ (funktionellen Eigenschaften) vorhanden sind. Grünland stellt ein ungewöhnliches Ökosystem dar, das auf der einen Seite anscheinend gut in der Lage ist, mit Witterungsextremen klarzukommen, aber vor allem durch Landnutzungsänderung und erhöhten Stickstoffeintrag gefährdet ist. Dabei könnte man relativ einfach durch großflächige Renaturierung von artenreichem Grünland gleichzeitig die Biodiversität und die Klima-Mitigation (durch Kohlenstoff-Speicherung und starke Albedo) effektiv fördern; selbst im städtischen Bereich.

Grassland pastures and meadows are important both for biodiversity and for our climate: Species-rich grasslands are familiar to us. They are perhaps so familiar in our cultural landscapes of Europe that we no longer really take them in for what they are and what they do. Not many people know, for example, that species-rich grasslands (whether natural or semi-natural) have the highest plant diversity on a small scale of any habitat on earth. This fact invites us to take a close look at these important habitats. What functions do species-rich grasslands perform in relation to productivity, nutrient cycling, carbon storage and climate mitigation? The high diversity of plant species provides a wide range of different interaction possibilities with other organisms, such as insects, other animals, fungi and bacteria. We know that with more species with a range of different traits in a grassland, the system works better; with higher productivity, more efficient nutrient cycles and the presence of more non-plant species in the ecosystem. The better functioning system with a wide range of plant functional traits allows for better provision of ecosystem services such as carbon sequestration, erosion control, hay production as high quality animal feed, and the attraction of enemies of plant pests. Grasslands have been shown to be surprisingly resistant and resilient in the face of extreme weather events associated with climate change, and yet they are very sensitive to land use change and addition of excess nitrogen. They have huge potential as climate mitigators, since they can store a lot of carbon and have high albedo. Restoration of degraded land into species-rich grasslands is relatively easy and would provide a combined boost of biodiversity and climate mitigation, including in urban environments.

Kulturlandschaften der besonderen Art – mit Spitzenleistungen in der Biodiversität

Unsere artenreichen Wiesen und Weiden sind in Europa größtenteils durch menschlichen Eingriff entstanden und haben nur durch menschliche Unterstützung Bestand. Ohne eine regelmäßige Mahd oder Beweidung entwickeln sich solche Ökosysteme zu lichtem Wald. Ausnahmen sind Standorte, die zu nass, zu trocken, zu kalt oder von Salzwasser geprägt sind, wie Regionen mit natürlichem Grünland z.B. die Pußta-Steppen in Ungarn, alpine Wiesen oberhalb der Baumgrenze oder Salzwiesen. Obwohl unsere Wiesen und Weiden halb-natürlich sind, sind sie Spitzenreiter in Sachen Biodiversität auf engem Raum. In Rumänien z.B. findet man in sogenannten »Trocken-« und »Halbtrockenrasen« auf Kalkböden über 43 Pflanzenarten in einer kleinen Fläche von nur 0,01 m² (10 × 10 cm) und 98

Arten auf 10 m² (DENGLER et al. 2014). Im Vergleich finden wir ca. zehn Arten/m² in einer Moorlandschaft oder 0,016 Arten/m² in tropischen Wäldern. In Letzteren herrscht jedoch auf größerer Skala die weitaus die höchste Vielfalt mit ca. 160 Baumarten pro Hektar. Der Manu-National-Park in Peru zählt z.B. über 1.000 Baumarten zu seiner Vielfalt, und 10% aller Vogelarten der Welt befinden sich in diesem geschützten Gebiet.

Grünland liefert etliche Ökosystem-Leistungen, manche davon mit einem klaren ökonomischen Marktwert (Fleisch, Milch, Wolle und Leder von Weidetieren; Heu und Gärfutter). Extensiv genutztes Grünland erbringt aber auch viele andere wertvolle Leistungen, wie den Erhalt der genetischen Vielfalt, verbessertes Mikroklima, ausgleichenden Einfluss auf das Wetter, Beiträge zur Stabilisierung der Zusammensetzung der Atmosphäre sowie Boden- und Grundwasserschutz (SALA & PARUELO 1997).

Bedroht durch Landnutzungsänderungen, Stickstoffeintrag und fehlende Wahrnehmung seiner Bedeutung

Artenreiches Grünland ist kulturell und biologisch sehr wichtig und aktuell bedroht.

Die höchste Bedrohung für das Grünland sind weniger der Klimawandel (siehe SALA et al. 2000 - eine globale Analyse der Gründe für das Artensterben) als Landnutzungsänderungen und ein erhöhter Stickstoffeintrag (N) (TEMPERTON 2013). Landnutzungsänderungen gehen in zwei unterschiedliche Richtungen: einerseits das Umpflügen (Umbruch) von Grünland- zu Ackerflächen für den Anbau von Energiepflanzen (Mais und Raps) oder Getreide (Gerste und Weizen) und andererseits das Brachliegen von Flächen, die vorher extensiv bewirtschaftet wurden. Dabei werden Flächen brachgelegt, bei denen die bisherige Bewirtschaftung (z.B. Heuproduktion) ökonomisch gesehen nicht mehr rentabel ist (vor allem im Vergleich zu den neuerdings höheren Renditen durch Subventionen für Energiepflanzen als Biogasquellen). Diese beiden Entwicklungen werden verstärkt durch die Intensivierung der Bewirtschaftung auf den verbleibenden Grünländereien (sehr frühe Mahd für Silage, wodurch bei vielen Pflanzen die Samenbildung ausbleibt; bis zu sechs Mahden im Jahr; chemische »Unkraut«-Bekämpfung; Flachumbruch für reine Graseinsaat). Durch diese starke Intensivierung und die vergrößerten Anbauflächen gelangen immer mehr Nährstoffe zuerst in den Boden, danach durch Gasemissionen (NO_x , N_2O) in die Atmosphäre oder durch Versickerung ins Grundwasser, wo sie den Klimawandel vorantreiben und eine Gefahr für die Gesundheit darstellen. Auf Moorstandorten können sehr klimaschädliche und gefährdende Entwicklungen für Gewässer festgestellt werden. WERNER et al. (2013)

plädieren für eine effizientere Art der intensiven Landwirtschaft, aber auch für eine Teilung des Raumes (land sharing) zwischen vielen biologischen Akteuren (Anbaupflanzen, Begleitpflanzen, Insekten als Bestäuber und Zersetzer oder Schädlingbekämpfer).

Die jüngst verabschiedeten 17 Sustainable Development Goals (SDGs) der UNO beinhalten Umwelt- und Ernährungsziele, bergen aber das paradoxe Potenzial, sich teilweise gegenseitig auszugleichen und aufzuheben. Eine Intensivierung der Landwirtschaft als Reaktion auf die steigende menschliche Population auf der Erde ist teilweise unausweichlich; aber dies wird starke negative Effekte auf die Erreichung von Umweltzielen vor allem bezüglich der Erhaltung der Biodiversität haben. Wir wissen aber, dass eine Landschaft mit höherer Biodiversität Funktionen und Leistungen insgesamt besser leistet als eine verarmte Landschaft mit Monokulturen und wenig Vielfalt an biologischen und physischen Strukturen. Wir sollten also nicht zu »*biodivers-arm*« werden, zumal wir bisher nur einen Teil der Interaktionen zwischen Arten und deren Bedeutung im ganzen System verstehen. Neben der ökonomischen und wissenschaftlichen Betrachtung besteht bei uns Menschen eine ethische Verpflichtung, den Organismen ihr Recht auf Leben zu wahren und die Erde mit ihnen zu teilen. Statt nur auf Naturschutz in Schutzgebieten und Nationalparks zu setzen und nebenbei eine weitere Intensivierung der schon intensiven Landwirtschaft zu betreiben (land sparing), wird immer mehr die Notwendigkeit einer »*land sharing*«-Herangehensweise befürwortet. KREMEN (2015) betont: »*Conservation biologists are devoting an increasing amount of energy to debating whether land sparing (high-yielding agriculture on a small land footprint) or land sharing (low-yielding, wildlife-friendly agriculture on a larger land footprint) will promote better outcomes for local*

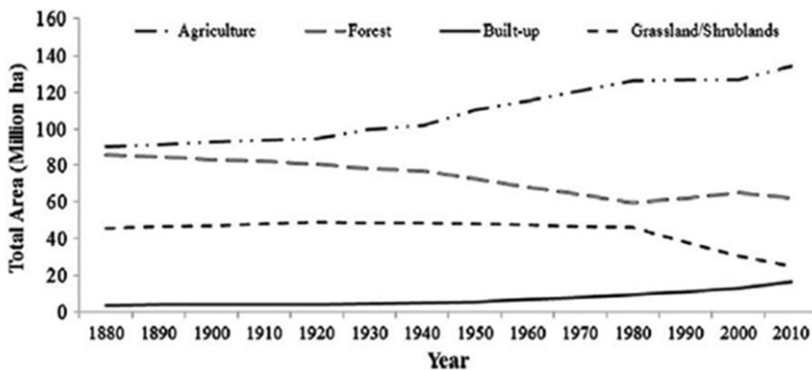


Abb. 3.12-1: Entwicklung unterschiedlicher Landnutzungsformen auf globaler Ebene in den letzten 130 Jahren. Bemerkenswert ist der Anstieg an (intensiv-bewirtschafteter) landwirtschaftlicher Fläche, mit absteigender Landnutzung als Grünland oder Wald/Forst. Der starke Rückgang des Grünlandes hat sich erst in den letzten 40 Jahren ergeben. Bebaute Flächen (Built-up) sind prozentual klein, aber der ökologische Fußabdruck der Städte ist weit größer als der anderen Landnutzung. Aus: TIAN et al. 2014 *Global & Planetary Change* 121:78-88.

and global biodiversity«. Eine Entweder-/Oder-Herangehensweise wird voraussichtlich keine guten Ergebnisse im Naturschutz liefern, vielmehr ist eine Kombination von *land sharing* und *land sparing* erforderlich («Naturschutz auf ganzer Fläche»).

»Tradeoffs« (Kompromisse zwischen Lebensmittelbedarf und Naturschutzbedarf wie oben beschrieben) sind ein wesentlicher Bestandteil der Lebensrealität von Organismen in Interaktion mit ihrer Umwelt. Keine Pflanze kann schnell wachsen und viele Nährstoffe aufnehmen und gleichzeitig optimal an extreme Umweltbedingungen (Kälte, Hitze, lange Dürreperioden, Wasserüberfluss) angepasst sein. Die »eierlegende Wollmilchsaue« gibt es in der Tat nicht, und es wird sie nie geben, auch nicht in der Pflanzenwelt, trotz technischer Möglichkeiten der genetischen Veränderungen. Wir werden uns also gemeinsam die *Tradeoffs* im Gesamtsystem Erde anschauen müssen und dann entscheiden, welche Komponenten (Ertrag, Vielfalt, Beides) wir auf welche Weise fördern wollen. Eine neue Studie zeigt aber, dass ein dritter Weg möglich ist, mit dem wir mehrere Ziele gleichzeitig erreichen könnten: durch Reduzierung der Tradeoffs und Fokussierung auf die Nachhaltigkeit von Systemen (OBERSTEINER et al. 2016): »Yet there are some broader policies that can reduce these trade-offs, reduce the pressure on the system overall so that there's more room to achieve multiple goals«.

Der größte Hebel zur Erreichung multipler Ziele (Ernährung und Naturschutz) besteht im Bereich der Reduzierung des Fleischkonsums im Westen. Die Fleischproduktion (pro Kilojoule) benötigt weit mehr Land als Nahrungspflanzen. Würde man z.B. den Fleischkonsum auf einmal pro Woche reduzieren (den sog. Sonntagsbraten), so würden in Südamerika 700.000 ha Landfläche, auf der aktuell Soja angebaut wird, wieder

frei werden (OERTEL 2014). Ein zweiter Hebel besteht darin, die Nutzungseffizienz von Ressourcen in der Landwirtschaft zu erhöhen, z.B. mit effizienteren Düngungs- und Bewässerungssystemen und der Vermeidung des Wegwerfens von Lebensmitteln (OBERSTEINER et al. 2016). Forschungen in Afrika zu Pflanzensorten, die mit Dürre und P-Mangel besser umgehen können, zeigen hier den Weg nach vorne (LYNCH 2011).

Die Forschungslandschaft in Deutschland passt sich gerade aktiv an die neuen Herausforderungen des globalen Wandels inklusive Landnutzungsänderungen, Eutrophierung und der Klimaänderung an. Die Bundesregierung hat die Bedeutung einer Forschung in Richtung verbesserter Düngesysteme (weniger N-Verlust) und effizienterer Bodennutzung mit Hilfe technologischer und methodischer Lösungen erkannt (s. die Initiative »Boden als Natürliche Ressource«, BONARES, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung; www.bonares.de/ und *precision agriculture*; siehe *German Plant Phenotyping Network*, DPPN). Gleichzeitig werden die Möglichkeiten von »*land sharing*« mit Hilfe von Blühstreifen, die mit Wiesen- und Ackerwildkräutern am Rande von intensiven Anbauflächen bepflanzt sind, immer häufiger umgesetzt. Das Blühstreifenprogramm z.B. in Sachsen-Anhalt (<http://mule.sachsen-anhalt.de/index.php?id=19169>) beinhaltet Zuwendungen für Landwirte, die Blühstreifen anlegen (740 €/ha aus Landesmitteln und unter finanzieller Beteiligung der EU und des Bundes). Blühstreifen bieten einen wichtigen Lebensraum für viele Tiere, insbesondere für die Honigbiene, aber auch für viele andere Insekten und das Niederwild. Bis jetzt wurden mit dem Programm ca. 2.200 ha Blühstreifen angelegt mit einer Verpflichtung auf fünf Jahre. In Niedersachsen gibt es ebenfalls derartige Programme, bei denen die Landwirte allerdings solche Programme mit einjäh-

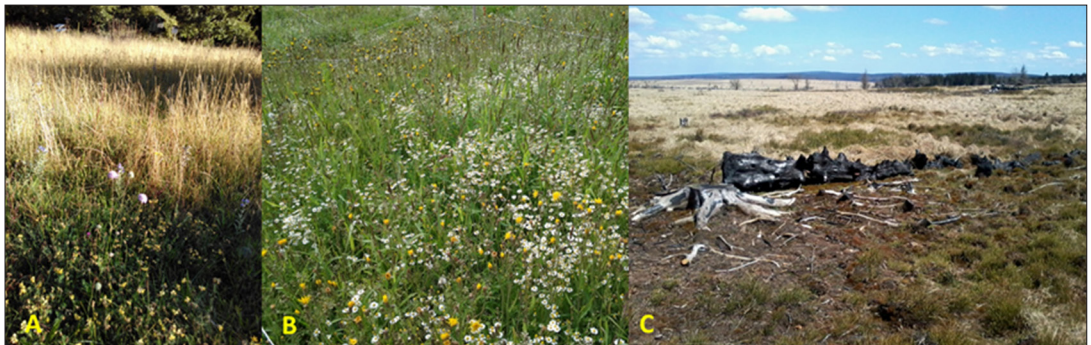


Abb. 3.12-2: Unterschiedliches Grünland in Mitteleuropa. A. Ein artenreicher Sandtrockenrasen in Lüneburg im Spätsommer. B. Eine Fettwiese (heureicher als ein Trockenrasen) im Juni in Deutschland. C. Hochmoorhabitat im Hohen Venn, Belgien, wo in den letzten Jahren als Folge des Stickstoffeintrags aus der Luft (v.a. Nitrat und Ammonium) und Klimaveränderungen teilweise Grasarten die Oberhand gewonnen haben (Pfeifengras; *Molinia caerulea*) in Konkurrenz mit anderen Arten wie *Calluna vulgaris* oder *Juniperus communis*.

rigen Kulturpflanzen (»bloß keine Unkräuter«! – also Sonnenblumen, Senf, Phacelia etc.) bevorzugen. Sie sind oftmals entlang von Straßen angelegt und daher eher etwas fürs Auge als für die Nachhaltigkeit.

In Bezug auf die Situation von Grünland im Klimawandel stellt sich also folgende wichtige Frage: Wie werden solche »land sharing«-Initiativen, bei denen Grünland als artenreiches System, das viele Ökosystemleistungen liefert, durchaus eine wichtige Rolle spielt, von Klimawandelfaktoren beeinflusst? Einen Blick in die Ergebnisse der Forschung zu Grünland und Klimawandel bringt Antworten.

Grünland scheint erstaunlich resistent und resilient gegenüber extremem Wetter zu sein

In den 1990er Jahren wurde viel zum Thema physiologische Reaktionen von Bäumen und Anbaupflanzen (und weniger von Biozosen natürlicher Pflanzengesellschaften) auf erhöhte atmosphärische Kohlendioxidkonzentrationen [CO_2] erforscht. Im Schnitt wuchsen Pflanzen schneller und wurden größer unter erhöhter [CO_2], obwohl mit der Zeit Nährstofflimitierungen (N und Phosphor, P) den Wachstumsschub vermindert haben (TEMPERTON et al. 2003, DIELEMAN et al. 2010). Generell verbessert eine erhöhte [CO_2] die Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz (*Nutrient and Water*

Use Efficiency) von Pflanzen (LEAKEY et al. 2009). Der Wachstumsschub bei Anbaupflanzen fiel kleiner aus als gedacht, und auch in Untersuchungen mit Pflanzengesellschaften war der Effekt weniger stark. Viele Studien zeigen sehr variable Reaktionen bei unterschiedlichen Pflanzenarten. Dieses bringt somit eine Verschiebung der Interaktionen und der Konkurrenzverhältnisse in der Zukunft mit sich.

Experimente, die die Effekte von Extremwetterereignissen auf die Pflanzenvielfalt und auf die Ökosystemfunktionen im Grünland testen, zeigen allgemein hingegen ein ziemlich resistentes und resilientes System. In einem Langzeitexperiment auf nicht-produktiver Weide in Nordengland stellte sich heraus, dass die Vegetation resistent gegenüber Klimaveränderungen (GRIME et al. 2008) ist. Erwärmung, Dürre und starke Regenereignisse hatten sogar weniger Effekte auf die Vegetation als die natürliche Variabilität innerhalb der untersuchten Jahre. In Bayreuth brachte eine Reihe von Langzeitexperimenten mit Extremwetterereignissen (Bodenerwärmung, Starkregen, Dürre) auch keinen klaren Effekt auf Pflanzen von Grünland-, und Heidegesellschaften (EVENT). Die Grünlandvegetation zeigte weniger Anfälligkeit als die Heidevegetation (KREYLING et al. 2008a). Biotische Prozesse im Boden (z.B. mikrobielle Aktivitäten) reagierten erstaunlich wenig auf simulierte 100jährige Extremwetterereignisse (KREYLING et al. 2008b). Pflanzen zeigten Veränderungen ihrer zeitlichen Entwicklung innerhalb eines Jahres (Phänologie). Bei einer Untersuchung zum Einfluss von Extremwetterereignissen und Artenverlust auf die Einwanderung neuer Arten waren diese Faktoren unabhängig voneinander (KREYLING et al. 2008c). Eine Gesamtanalyse vieler Grünlandexperimente zeigt



Abb. 3.12-3: A: Nicht nur im Schulunterricht wird sehr schnell die Natur in Mittel- und Nordeuropa vor allem mit Bäumen assoziiert (Quelle: www.umwelt-im-unterricht.de). In genau diesen Breiten befindet sich aber weit mehr Arten- und Strukturvielfalt in offenen Landschaften wie artenreichen Wiesen und Weiden und teilweise auch Heidelandschaften oder sogar in städtischer Umgebung. B: Städte beherbergen oft eine hohe Vielfalt an Pflanzen und Tieren und fungieren entgegen der allgemeinen Meinung als Inselrefugien für manche Arten, die keinen geeigneten Lebensraum in einer immer intensiver werdenden Agrarlandschaft mehr finden. Grünflächen könnten auch artenreiche Wiesen sein, vermischt mit artenarmen Rasen als Nutzflächen.

eindeutig, dass artenreiches Grünland resistenter ist gegenüber Klimavariationen als artenarmes Grünland (ISBELL et al. 2015).

Inwiefern Extremwetterereignisse die negativen Effekte der Landnutzungsänderungen und der Stickstoffeinträge auf die Biodiversität (SALA et al. 2000) verstärken können, ist hingegen noch nicht hinreichend erforscht. Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass die interaktiven Effekte des Klimawandels mit anderen Faktoren des globalen Wandels (Landnutzungsänderung, N-Eintrag) signifikant stärker sein können als jeweils einzeln. In einer der wenigen Untersuchungen mit mehreren Faktoren des globalen Wandels (N Eintrag, erhöhte atmosphärische $[\text{CO}_2]$, Dürre und Erwärmung) fanden ZAVALA et al. (2003) allerdings heraus, dass die simulierten Faktoren keine interaktiven, unverhältnismäßig verstärkenden Effekte auf die Pflanzenvielfalt hatten. Vielmehr waren die Effekte additiv. Erhöhte $[\text{CO}_2]$ und N-Eintrag reduzierten die Pflanzenvielfalt, während erhöhte Wasserverfügbarkeit die Vielfalt förderte. Ein Temperaturanstieg hingegen hatte keinen Einfluss. In einem ähnlichen Experiment in Minnesota, USA, fanden REICH et al. (2001) heraus, dass der Düngeeffekt der erhöhten $[\text{CO}_2]$ oder erhöhte N-Konzentration (oder die Kombination beider Faktoren) weniger stark ausfiel in Flächen mit weniger Arten. Dies bedeutet, dass artenreiche Grünlandssysteme sensibler darauf reagieren, was zukünftig zu einem vermehrten Artenverlust führen kann.

Warum erhöhte Düngung mit N vermehrt zu Artenverlust führt, zeigen sehr kreative Experimente unter kontrollierten Bedingungen. Experimente mit und ohne extra Lichtverfügbarkeit und mit und ohne Düngung zeigen, dass Pflanzenarten, die mit erhöhter N-Zufuhr schneller wachsen können, andere Arten überschatten und somit die Artenvielfalt reduzieren (HAUTIER et al. 2009). Invasive Arten haben auch oft die Tendenz, konkurrenzstärker als viele einheimische Arten und beim Erobern von Platz und Licht schneller zu sein. Die Auswirkung eines veränderten Klimas scheint die Konkurrenzverhältnisse weniger zu verschieben als eine veränderte Zufuhr von N, Wasser oder der Anwesenheit sehr dominanter invasiver Arten.

Grünland als Mittel (oder Hilfe) gegen den Klimawandel

Prognostizierte Veränderungen des Klimas in Mitteleuropa beinhalten längere Sommerdürreperioden, mehr »heiße Tage« und Nächte, eine höhere Frequenz an Starkregenereignissen sowie eine Zunahme der Intensität von Stürmen. Im städtischen Bereich können Temperaturunterschiede zwischen der Stadtmitte und dem Stadtrand bis zu 10 °C betragen. Um diese

starken Temperaturunterschiede auszugleichen, können Frischluftschneisen und Begrünung wirksame Instrumente sein, um in der offenen Landschaft als auch im städtischen Bereich Kühlung zu erzeugen. Begrünung, vor allem mit mehrjährigen Wiesenpflanzen vermindert auch die Erosionsgefahr bei Starkregenereignissen.

Im Kampf gegen den Klimawandel spielt Grünland eine bisher untergeordnete Rolle, obwohl inzwischen viel Expertenwissen über Ökosystem-Prozesse und Leistungen im Grünland vorhanden ist und zudem Grünland sich viel schneller als ein Wald etablieren lässt (ISBELL et al. 2011). Die Rolle der Pflanzenvielfalt für die Funktionen und Prozesse im Ökosystem ist recht gut anhand von Experimenten (*Biodiversity Ecosystem Functioning Experiments* = BEF) erforscht: auf großen Skalen in den USA (Cedar Creek), in Europa mit BIODDEPTH und in Deutschland das Jena-Experiment (www.thejenaexperiment.de). In diesen Experimenten wird untersucht, welche Auswirkungen ein Artenverlust auf Ökosysteme und ihre Funktionen und Leistungen hat. Solche BEF-Experimente zeigen immer wieder, dass das Ökosystem besser funktioniert, wenn wir viele Arten vor Ort haben. Umso mehr, wenn diese Arten unterschiedliche Eigenschaften haben und sich dadurch funktionell gut ergänzen. Vor allem die Produktivität (der Heuertrag oberirdisch und die Wurzelbiomasse unterirdisch) wächst, wenn wir mehr Arten aussäen. Da sich mehr Wurzelmasse etabliert, beeinflusst dies die Kohlenstoffspeicherung im Boden positiv (STEINBEISS et al. 2008). Hinzu kommt, dass Nährstoffkreisläufe bei artenreichen Systemen effizienter sind (KLEINEBECKER et al. 2013).

Weniger erforscht ist die Rolle von Grünland als Beitrag zur Kühlung im Klimawandel. Grünland hat eine höhere Albedo als Wald oder versiegelte Fläche. Grünland produziert zudem ein besonderes Mikroklima durch eine erhöhte Evapotranspiration. Artenreiches Grünland speichert auch große Mengen an Kohlenstoff im Boden, denn die meisten Pflanzenwurzeln befinden sich zusammen mit Mykorrhizapilzen als dichter Filz in den ersten 30–40 cm des Bodens (MOMMER et al. 2010). Diese dichte Wurzelmatte wirkt auch gegen eine verstärkte Erosion bei extremen Regenereignissen.

Artenreiches Grünland würde sich also hervorragend als Teil einer Stadtbegrünung anbieten (siehe Abb. 3.12-3B) oder als Renaturierungsmaßnahme im ländlichem Bereich. Verbunden damit ist eine positive Auswirkung auf die Stabilität und Resistenz gegenüber Klimaextremen; ein Beitrag zur Verringerung des Klimawandels bei gleichzeitiger Sicherung der Artenvielfalt.

Im Norden Deutschlands befinden sich Dauerwiesen oft auf Moorböden, die für die landwirtschaftliche Nutzung entwässert werden. Dadurch kommt es zu ver-

stärkter Torfzersetzung mit oft schädlichen Klimafolgen (CO_2 - und sogar Methan-Freisetzung sowie NO_x). Außerdem werden Pflanzennährstoffe wie Phosphate mobilisiert und belasten Oberflächengewässer und Grundwasser. Diese Tatsache ist ein weiterer Argument für den Schutz von Wiesen auf solchen Böden.

Renaturierung als Mittel zur Kohlenstoff-Speicherung und als Mitigator: der wenig erforschte relative Beitrag von Grünland und Wald

Grünland braucht eine Imagekampagne, denn es hat viel zu bieten, aber es wird oft übersehen. Es besteht in der Bevölkerung und teilweise auch in der Wissenschaft eine fehlende Wahrnehmung in der Bedeutung von Grünland als Biodiversitäts-Förderer und als mögliche Hilfe bei der Abmilderung von Klimaveränderungen. Offene Landschaften wie artenreiche Dauerwiesen, zeigen in Mitteleuropa die höchste Vielfalt an Pflanzen und Tieren im Vergleich zu unseren oft relativ artenarmen temperaten Wäldern. Ein vermehrter Fokus auf den Schutz von bestehendem artenreichen Grünland und auch dessen Renaturierung wäre sowohl wünschenswert um den Zielen der *Convention on Biological Diversity* (CBD) näher zu kommen als auch als Hilfe gegen den Klimawandel. Wiesen lassen sich sowohl in naturnaher Umgebung als auch auf kleineren Flächen im urbanen Raum einfach etablieren und mit extensiver Bewirtschaftung (Mähen oder Beweidung) über Jahrzehnte und Jahrhunderte gut erhalten.

Die UNEP versucht in den letzten Jahren in der Umweltpolitik vermehrt, »win-win«-Situationen zu erzeugen, vor allem, wenn sie eine Naturschutzmaßnahme gut mit einer Maßnahme zur Minderung des Klimawandels kombiniert. Als Folge dessen ist die »Bonn Challenge« www.bonnchallenge.org/content/challenge entstanden, ein Bestreben der UNEP, bis 2020 150 Mio. ha degradiertes und entwaldetes Land zu renaturieren (bis 2030 möchte man 350 Mio. ha renaturiert haben). Der Hauptfokus bei der *Bonn Challenge* richtet sich auf Wälder und deren Wiederaufforstung, aber auch Aufforstung auf Flächen, auf denen vorher eine andere Vegetation dominiert hat. Artenreiche Offenlandschaften (Grünland, Heideland) oder Savannen werden als weniger wichtig erachtet, da sie nicht von Bäumen dominiert sind. Der Grund hierfür liegt darin, dass Bäume viel Kohlenstoff speichern können und somit einen wichtigen Beitrag zur *Climate Mitigation* leisten können. Wald ist aber nicht gleich Wald. Alte, artenreiche Wälder speichern insgesamt mehr Kohlenstoff. Neueste Forschung zeigt, dass in Baumplantagen in Europa, in denen seit 1750 viel Holz eingeschlagen wird, trotz regelmäßiger Wiederaufforstung, eine negative Netto-Kohlenstoffbilanz besteht (NAUDTS et al. 2016). Es

ist ernüchternd zu lesen, dass zweieinhalb Jahrhunderte Aufforstung in Europa nicht zu einer Kühlung des Klimas geführt hat. Nicht jede Forstwirtschaft trägt zur Klimabekämpfung bei.

Renaturierung und Restaurierung sind generell zu begrüßen, dennoch brauchen wir einen gut differenzierten Blick, welche Standorte sich für eine Renaturierung a la *Bonn Challenge* eignen würden. Wir sollten aufpassen, dass wir in der Tat eine hochwertige ökologische Renaturierung durchführen, inklusive einer Renaturierung unterschiedlicher Vegetationstypen je nach Bedarf und Biodiversitätsverlusten (VELDMAN et al. 2015). Wir sollten klar entscheiden, ob es vielleicht passender wäre, sich nicht nur auf den Wald zu konzentrieren. Das Aufforsten mit nicht-einheimischen Arten ist bei einer »Renaturierung« im *Bonn Challenge* erlaubt, auch wenn die *Society for Ecological Restoration International* (SERI) dies nicht als eine wahre »Renaturierung« einstuft. Wenn *Bonn Challenge* - Renaturierungsmaßnahmen auch noch invasive, nicht-einheimische Arten zur Aufforstung benutzen (z.B. Eukalyptus-Bäume), dann ist ein ökologischer Mehrwert nicht klar gegeben; eher das Gegenteil trifft zu.

Der Wald spielt eine zentrale Rolle im Gedächtnis der EuropäerInnen, vor allem in Deutschland. Unsere Märchen, Mythen und unsere Vorstellung was natürlich ist, wurde durch die Symbolik des Baumes und des Waldes stark geprägt (siehe Abb. 3.12-34). Bäume spielen durchaus eine wichtige Rolle bei der Kohlenstoffspeicherung.

Jedoch sind Offenlandsysteme, inkl. Grünland unsere artenreichsten Systeme in Europa, außerdem sind sie gegenüber dem Klimawandel weniger sensibel als Wälder (siehe HÄRTDLE et al. 2013). Hinzu kommt, dass wir noch nicht systematisch erforscht haben, ob Wälder wirklich mehr Kohlenstoff im Boden speichern als Grünland (siehe z.B. CONANT et al. 2001, FOLLETT & READ 2010). Denn der oberirdische Teil der Pflanzenbiomasse wird irgendwann als Holz geerntet und bedeutet somit keine Langzeitspeicherung. Im Grünland dagegen wachsen die Gräser und Kräuterarten auch nach der Ernte ohne Probleme weiter. Die perennierende Wurzelmasse produziert neues Wachstum im Frühling. Es kann sein, dass das Grünland mit seinem erhöhten Albedo-Effekt, seinem Erosionsschutz und seiner Resistenz gegenüber Klimaextremen sowie seiner Kohlenstoffspeicherung sehr gut als Verbündeter gegen den Klimawandel mithalten kann. Es liegt also an uns, schnell herauszufinden, wie der Wald und das Grünland im direkten Vergleich miteinander abschneiden, um daraus abzuleiten, welche Vegetationstypen wir als Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels und des Artenchwundes wo restaurieren und renaturieren wollen.

Literatur

- CONANT, R. T., K. PAUSTIAN & E. T. ELLIOTT (2001): Grassland Management And Conversion Into Grassland: Effects On Soil Carbon. *Ecological Applications*, 11:343-355.
- DENGLER, J., M. JANISOVÁ, P. TÖRÖK & C. WELLSTEIN (2014): Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis. *Agric, Ecosys and Envir*, 182, 1-14.
- DIELEMAN, W. I. J., S. LUYSSAERT, A. REY, P. DE ANGELIS et al. (2010): Soil [N] modulates soil C cycling in CO₂-fumigated tree stands: a meta-analysis. *Plt Cell Env*, 33, 2007-2011.
- FOLLETT, R. F. & DA READ (2010): Soil Carbon Sequestration in Grazing Lands: Societal Benefits and Policy Implications. *Rangeland Ecol Manage* 63:4-15 | January 2010 | DOI: 10.2111/08-225.1
- GRIME, P., V. K. BROWN, K. THOMPSON, G. J. MASTERS et al. (2008): Long-term resistance to simulated climate change in an infertile grassland. *PNA*, Vol. 105, Nr. 29, 10028-10032, DOI: 10.1073. pnas.0711567105.
- HAUTIER, Y., P. A. NIKLAUS & A. HECTOR (2009): Competition for Light Causes Plant Biodiversity Loss After Eutrophication. *Science* 324, 636 (2009), DOI: 10.1126/science.1169640.
- HÄRTDLE, W., T. NIEMEYER, T. ASSMANN, S. BAIBOKS et al. (2013): Long-Term Trends in Tree-Ring Width and Isotope Signatures ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) of *Fagus sylvatica* L. on Soils with Contrasting Water Supply. *Ecosystems*, 8, pp 1413–1428, DOI: 10.1007/s10021-013-9692-x.
- ISELL, F., V. CALCAGNO, A. HECTOR, J. CONNOLLY et al. (2011): High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, Volume 477, 199-202, DOI: 10.1038/nature10282.
- ISELL, F., D. CRAVEN, J. CONNOLLY, M. LOREAU et al. (2015): Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*, Volume 000, pp. 1-4, DOI: 10.1038/nature15374.
- KLEINEBECKER, T., N. HÖLZEL, D. PRATI, B. SCHMITT et al. (2013): Evidence from the real world: ¹⁵N natural abundances reveal enhanced nitrogen use at high plant diversity in Central European grasslands. *Journal of Ecology*, DOI: 10.1111/1365-2745.12202.
- KREMEN, C. (2015): Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. *Annals of the New York Academy of Science*, Vol. 1355 (2015), 52-76, DOI: 10.1111/nyas.12845.
- KREYLING, J., M. WENIGMANN, C. BEIERKUHNLEIN & A. JENTSCH (2008a): Effects of Extreme Weather Events on Plant Productivity and Tissue Die-Back are Modified by Community Composition. *Ecosystems*, 11:752-763, DOI: 10.1007/s10021-008-9157-9.
- KREYLING, J., C. BEIERKUHNLEIN, M. ELMER, K. PRITSCH et al. (2008b): Soil biotic processes remain remarkably stable after 100-year extreme weather events in experimental grassland and heath. *Plant Soil* (2008) 308:175-188, DOI 10.1007/s11104-008-9617-1.
- KREYLING, J., C. BEIERKUHNLEIN, L. ELLIS, A. JENTSCH (2008c): Invasibility of grassland and heath communities exposed to extreme weather events - additive effects of diversity resistance and fluctuating physical environment. *Oikos* 117: 1542-1554, 2008, Doi: 10.1111/j.2008.0030-1299.16653.x.
- LEAKEY, A. D. B., E. A. AINSWORTH, C. J. BERNACCI, A. ROGERS et al. (2009): Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *J Exp Bot*, 2010:2859-2876.
- LYNCH, J. P. (2011): Root Phenotypes for Enhanced Soil Exploration and Phosphorus Acquisition: Tools for Future Crops. *Plt Phys*, 156, 1041-1049.
- MOMMER, L., J. VAN RUIJVEN, H. DE CALUWE, A. E. SMIT-TIEKSTRA et al. (2010): Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species *Journal of Ecology*, 98:1117-1127.
- NAUDTS K., Y. CHEN, M. J. MC GRATH, J. RYDER et al. (2016) Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science*, 351, 597-600.
- OBERSTEINER, M., B. WALSH, P. HAVLIK, M. CANTELE et al. (2016): Assessing the land resource-food price nexus of the Sustainable Development Goals. *Science Advances* DOI 10.1126/sciadv.1501499
- NAUDTS K., Y. CHEN, M. J. MC GRATH, J. RYDER et al. (2001): Plant diversity enhances ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition. *Nature*, 410, 809-81.
- SALA, O. E., F. S. CHAPIN III, J. J. ARMESTO et al. (2000): Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287, 1770.
- SALA, O. E. & J. M. PARUELO (1997): Ecosystem services in grasslands. In: DAILY, G. C. (ed.) - *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington.
- STEINBEISS S., H. BEBLER, C. ENGELS, VICKY M. TEMPERTON et al. (2008): *Global Change Biology*.
- TEMPERTON, V. M. (2013): Die Renaturierung von Graslandbeständen als komplexes System. In: BECK, E. (Hrsg.) »Die Vielfalt des Lebens«. Wiley-VCH. pp 177-187.
- TEMPERTON, V. M., P. MILLARD & P. G. JARVIS (2003): Does elevated carbon dioxide affect internal nitrogen allocation in the temperate trees *Alnus glutinosa* and *Pinus sylvestris*? *Global Change Biology* 9: 286-294.
- TIAN, H., K. BANGER, T. BO & V. K. DADHWAL (2014): History of land use in India during 1880-2010: Large-scale land transformations reconstructed from satellite data and historical archives *Global & Planetary Change* 121:78-88.
- VELDMAN, J., G. OVERBECK, D. NEGREIROS, G. MAHY et al. (2015): The Tryanny of Trees in Grassy Biomes. *Letters to Nature* 347 ISSUE 6221.
- WERNER, A., M. GLENNITZ, K. STEIN-BACHINGER, G. BERGER et al. (2013): Biologische Vielfalt mit der Landwirtschaft. In: Beck, E. (ed.). »Die Vielfalt des Lebens. Wie hoch, wie komplex, warum?«. Wiley-VCH.
- OERTEL, G. (2014): Schwere Kost für Mutter Erde. Verzehrgewohnheiten, Lebensmittelverluste, Konsequenzen. *WWF Studie* 2014. WWF Berlin. 58 S.
- ZAVALETA, E. S., N. R. SHAW, H. A. CHIARELLO, H. A. MOONEY et al. (2003): Additive effects of simulated climate changes, elevated CO₂, and nitrogen deposition on grassland diversity. *PNAS* 100(13): 7650-7654.

Kontakt:

Dr. Vicky M. Temperton
 Institut für Ökologie
 Leuphana Universität Lüneburg
 vicky.temperton@leuphana.de

Temperton, V. M. (2016): Grünland spielt eine wichtige Rolle für die Vielfalt und für das Klima. In: Lozán, J. L. S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 170-176. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.28.