



Monika OFFENBERGER

## Ökosystemforschung: Pflanzenvielfalt fördert Stabilität von Nahrungsnetzen

Artenreiche Ökosysteme sind weniger diversen Lebensgemeinschaften in vieler Hinsicht überlegen: Sie produzieren mehr Biomasse, sind weniger anfällig gegenüber widrigen Umweltbedingungen und reagieren robuster auf Störungen. Diese Zusammenhänge wurden von Ökologen schon vor Jahrzehnten anhand von Modellen vorhergesagt. Aktuelle Studien bestätigen die Theorie nun mit experimentellen Daten aus Waldparzellen in Panama und China sowie durch Langzeitbeobachtungen an experimentell gestalteten und an unterschiedlich genutzten Grasländern in Deutschland. Die Studien werden überschattet von einem generellen dramatischen Rückgang der deutschen Insektenfauna.

Ökosysteme bestehen aus Lebewesen, die auf vielfältige Weise miteinander in Beziehungen stehen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Ernährung (griechisch: trophé). In jeder Lebensgemeinschaft gibt es verschiedene Trophie-Ebenen. Als Primärproduzenten fungieren – mit Ausnahme weniger von Bakterien dominierter Lebensgemeinschaften – die Pflanzen. Sie erzeugen Biomasse und bilden so die Nahrungsgrundlage von Pflanzenfressern, welche ihrerseits die fleischfressenden Arten ernähren. Der amerikanische

Ökologe Robert Helmer MacArthur postulierte bereits in den 1950er-Jahren anhand von mathematischen Modellen, dass die Stabilität und Funktionalität eines Ökosystems von der Zahl der Interaktionen zwischen den vertretenen Arten abhängen sollte (MACARTHUR 1955). Insbesondere sollte mit zunehmender Diversität einer Trophie-Ebene auch die nächsthöhere Ebene innerhalb der Nahrungskette artenreicher und folglich weniger anfällig gegenüber Störungen sein.

### Abbildung 1

Mit Hilfe einer neuen Versuchsplattform namens Ecotron will man am Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung Halle-Jena-Leipzig (iDiv) im Rahmen des „Jena-Experiments“ künftig auch komplexere Lebensgemeinschaften aus Pflanzen und diversen Bodenorganismen nachstellen und ihre Stoffflüsse analysieren (Foto: iDiv).



**Abbildung 2**

Im „Jena-Experiment“ wurden 2002 auf mehr als 500 Versuchspartzen ausgewählte Wiesenpflanzen als Mono- oder Mischkulturen von bis zu 60 Arten angepflanzt. In dem langfristig angelegten Feldversuch werden die Zusammenhänge der Pflanzenvielfalt auf die gesamte Diversität und Stabilität von Grünland-Ökosystemen erforscht (Foto: Das Jena-Experiment).

### Von der Theorie zum Experiment

Seither wurden zahlreiche Versuche unternommen, MacArthurs Theorie in der Praxis zu überprüfen. Wegweisend ist ein Freilandexperiment des amerikanischen Ökologen David Tilman auf einer Wiesenfläche im Bundesstaat Minnesota, das unter dem Namen Cedar Creek bekannt wurde. In der 1982 begonnenen Langzeitstudie werden auf 200 Probeflächen regelmäßig alle Pflanzen nach Art und Biomasse erfasst. Dabei zeigt sich, dass artenreichere Wiesen tatsächlich produktiver sind und auch stabiler auf Störungen – beispielsweise auf eine extreme Dürreperiode im Jahr 1988 – reagieren (TILMAN & DOWNING 1994). Ähnliche Zusammenhänge belegt das Jena-Experiment, das 2002 als europäisches Pendant der Cedar Creek-Studien an der Universität Jena gestartet wurde und nun am Deutschen Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung Halle-Jena-Leipzig (iDiv) fortgeführt wird. In dem langfristig angelegten Feldversuch wurden auf mehr als 500 Versuchspartzen ausgewählte Wiesenpflanzen als Mono- oder Mischkulturen von bis zu 60 Arten angepflanzt und unterschiedlich behandelt: Die Flächen wurden ein-, zwei- oder viermal im Jahr gemäht und gar nicht, wenig oder stark mit Mineralsalzen gedüngt. Sie werden laufend untersucht, ebenso wie weitere im Ökosystem vorkommende Organismen im und oberhalb des Bodens, der Wasserkreislauf sowie die Stoffkreisläufe von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor.

### Artenvielfalt, Biomasse und Eiweißgehalt

15 Jahre nach Beginn des Jena-Experiments hat ein interdisziplinäres Team aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und den Niederlanden rund 80.000 dieser Messungen ausgewertet. Fazit: Artenreichere Wiesen waren über die gesamte Zeit produktiver als artenarme Wiesen. Düngung und eine häufigere Mahd erbrachten keine größere Ertragssteigerung als eine erhöhte Artenvielfalt. Damit erhärten sich die Ergebnisse einer 2012 durchgeführten Studie, die den Gehalt an Stick-, Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff auf unterschiedlich bewirtschafteten Wiesen analysierte: Schnittgut aus artenreichen Wiesen hat pro Hektar einen höheren Energiegehalt und damit einen höheren Brennwert als artenarmes Schnittgut. Auch der Eiweißgehalt ist in artenreichen Wiesen absolut höher (KHALSA et al. 2012). „Zwar verschiebt sich mit steigender Pflanzenartenvielfalt das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältnis zugunsten von Kohlenstoff, aber durch den Zuwachs an Biomasse liefern artenreiche Wiesen pro Hektar absolut mehr Eiweiß als artenarme Vergleichsflächen“, erklärt Nico Eisenhauer, Professor für Experimentelle Interaktionsökologie an der Universität Leipzig und seit 2015 Leiter des Jena-Experiments. Landwirte könnten demnach den Ertrag ihrer Wiesen nachhaltig fördern, wenn sie deren Artenvielfalt unterstützen, so der Wissenschaftler.

### Artenvielfalt fördert Klimaschutz

Überdies erbrachten artenreichere Wiesen weitere erhöhte Ökosystemdienstleistungen: Ihre Böden konnten mehr Oberflächenwasser aufnehmen und sie waren stabiler gegenüber Störungen wie Dürren oder Überschwemmungen als artenarme Flächen (WEISSER et al. 2017). „Wir konnten zeigen, dass Systeme mit mehr Pflanzenarten auch mehr Kohlenstoff im Boden speichern, vermutlich in Form von mikrobiellen Abbauprodukten. Das ist heute, wo wir den Kohlenstoff in der Atmosphäre loswerden wollen, von hoher Relevanz. Außerdem ist der Boden besser vor Erosion geschützt, wenn darauf möglichst unterschiedliche Pflanzen wachsen. Wenn wir die Biodiversität fördern, erreichen wir also zwei wichtige Ziele in einem: Mehr Artenreichtum fördert den Klimaschutz und macht die Systeme gleichzeitig stabiler gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels“, betont Nico EISENHAUER.

Mit Hilfe einer neuen Versuchsplattform namens Ecotron will man am iDiv künftig auch komplexere Lebensgemeinschaften nachstellen und ihre Stoffflüsse analysieren (EISENHAUER et al. 2019). Dazu sollen intakte Bohrkerne – 80 cm tief und mit einem Durchmesser von einem halben Meter – aus ausgewählten Versuchsflächen mit einer bis

sechs Pflanzenarten ins Labor geholt werden. „Das gibt uns die Möglichkeit, die Wechselwirkungen der Pflanzen mit verschiedenen Mikroorganismen, symbiontischen Bodenpilzen, Fadenwürmern und weiteren Organismen und deren Einfluss auf die Ökosystemfunktionen zu untersuchen“, erläutert Nico Eisenhauer.

### Mischwälder sind produktiver bei gleicher Holzqualität

Auch am Beispiel Wald lässt sich demonstrieren, wie stark die Leistungsfähigkeit eines Ökosystems von der Artenzahl seiner Primärproduzenten beeinflusst wird. Die meisten Wälder Europas bestehen aus nur wenigen Baumarten; baumartenreiche Mischwälder sind eher selten. Die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Diversität wurden in einem europäischen Forschungsprojekt namens FunDivEUROPE untersucht. Dazu wählten mehrere Dutzend Wissenschaftler in Finnland, Polen, Rumänien, Deutschland, Italien und Spanien insgesamt 200 Waldparzellen von je einem Hektar Fläche aus, die sich im Klima (von kaltgemäßigt bis mediterran) und in der Baumarten-Diversität (von Monokulturen bis zu unterschiedlich artenreichen Mischwäldern) unterscheiden. Deutschland war mit Forschungsflächen im Nationalpark Hainich-Dün in Thüringen

#### Abbildung 3

Für ihre Untersuchungen über den Einfluss der Baumartendiversität nutzte ein Team um Felix Fornoff eine 50 Hektar große Waldfläche in China, auf der seit 2009 insgesamt 600 Versuchspartzellen mit Bäumen in definierter Artenzusammensetzung bepflanzt wurden. Jede Parzelle hat eine Fläche von 25 x 25 Metern und ist von nur einer oder von 2, 4, 8, 16 oder 24 unterschiedlichen Baumarten bewachsen (Foto: Felix Fornoff).





**Abbildung 4**

Auf den Versuchsflächen des China-Experiments erfassten Freiburger Ökologen insgesamt 67 verschiedene Hemipterenarten, die mit 37 Ameisenarten Trophobiosen unterhielten. a) Ameisen (*Tetramorium wroughtonii*) nehmen gerade einen Tropfen Honigtau auf, während die Laus (*Lachnus tropicalis*) weiter am Phloem des Baumes (*Cyclobalanopsis myrsinifolia*) saugt. b) Trophobiose zwischen einer Schildlaus (Kugel in der Mitte), zweier Buckelzirpen (Membraciden) und Ameisen (*Polyrhachis dives*) auf einem Baum (*Cyclobalanopsis myrsinifolia*); Fotos: Felix Fornoff).

vertreten. Auf sämtlichen Parzellen erfassten die Forscher nach einheitlichen Methoden eine Vielzahl ökologisch relevanter Funktionen, zum Beispiel den Gehalt des Bodens an Nährstoffen, Regenwürmern oder Feinwurzelbiomasse, dazu Totholz- und Streuzersetzungsraten, Trocken- und Stresstoleranz der Bäume, Holzmenge und -qualität und einiges mehr. Die Auswertung dieser umfangreichen Datensätze belegt ganz klar: Mischwälder sind deutlich produktiver als Bestände mit einer oder wenigen Arten (VAN DER PLAS et al. 2016). Sie liefern im Mittel rund 15 Prozent, im Extremfall sogar bis zu 30 Prozent mehr Holz als Monokulturen. Auf die Holzqualität hat die Diversität keinen Einfluss: Sie ist im Reinbestand weder höher noch niedriger als im Mischbestand. Damit widerspricht die Studie einer unter Waldbesitzern verbreiteten Annahme, dass Bäume in Mischkulturen langsamer und weniger gleichmäßig in die Höhe streben sowie infolge ungeraden Wachses und eines relativ höheren Astanteils Stämme von minderer Holzqualität liefern.

Zusammenhänge zwischen Baumartenzahl und Holzproduktion fand auch ein Freiburger Forscherteam um Florian Schnabel in tropischen Waldökosystemen (SCHNABEL et al. 2019). Die Forstwissenschaftler hatten 22 Versuchsflächen des 2001 in Panama gestarteten Sardinilla-Experiments ausgewertet, die mit bis zu fünf einheimischen Baumarten bepflanzt sind. Dort maßen sie ab 2006 zehn Jahre lang Umfang und Höhe der Bäume als Maß für die Produktivität und Stabilität des Ökosystems. Ihr Fazit: Mischbestände mit zwei, drei oder fünf Baumarten sind durchschnittlich 25, 30 oder 50 Prozent produktiver als Monokulturen. Besonders starke Unterschiede zeigten sich während einer starken, von dem tropischen Klimaphänomen El Niño verursachten Trockenperiode. Dies deutet auf eine höhere Stabilität und

Widerstandskraft von Mischwäldern gegenüber Trockenstress hin.

### Ein großes Freiland-Experiment zu trophischen Interaktionen

In den genannten Studien wurde stets die Zahl der Arten betrachtet und mit der Funktionalität von Ökosystemen in Zusammenhang gebracht. „Wir haben nun erstmals die Interaktionen zwischen Arten auf multitrophischen Ebenen in einem Freilandexperiment analysiert“, betont Dr. Felix Fornoff, Landschaftsökologe an der Universität Freiburg. Die Forscher nutzten für ihre Untersuchungen eine 50 Hektar große Waldfläche in China, auf der seit 2009 insgesamt 600 Versuchspartellen mit Bäumen in definierter Artenzusammensetzung bepflanzt wurden (FORNOFF et al. 2019). Jede Parzelle hat eine Fläche von 25 x 25 Metern und ist von nur einer oder von 2, 4, 8, 16 oder 24 unterschiedlichen Baumarten bewachsen. Neben den Bäumen als Primärproduzenten untersuchten die Biologen zwei nächsthöhere Trophie-Ebenen: Zum einen erfassten sie verschiedene pflanzensaugende Insekten aus der Familie der Hemipteren – namentlich Blattläuse, Zikaden und Schildläuse –, die in Kolonien von wenigen bis mehreren Tausend Individuen auf und von den Blättern der Bäume leben. Zum anderen betrachteten sie bestimmte Ameisenarten, die mit den Hemipteren eine besondere Form der Symbiose, eine sogenannte Trophobiose pflegen: Die Hemipteren scheiden Honigtau, eine Art Zuckersauger, aus. Ameisen fressen die energiereichen Exkremente und halten den Pflanzensaugern im Gegenzug Feinde wie Vögel, räuberische Marienkäfer und parasitische Wespen vom Leib.

„Wir haben bewusst dieses dreitrophische System mit ganz kleinen Tieren gewählt, die nicht

weglaufen können und sich gut beobachten lassen. Ein Experiment mit Fuchs und Hase auf einer Wiese wäre viel zu kompliziert. Unser System zeichnet sich aber durch ähnliche ökologische Beziehungen aus und kann deshalb als Beispiel für andere Interaktionstypen gelten“, erklärt Felix Fornoff. Mit seinem Team hat der Wissenschaftler in drei verschiedenen Jahren jeweils im Frühjahr und Spätsommer auf insgesamt 300 unterschiedlich bepflanzten Parzellen mehrere 100.000 Blätter an knapp 10.000 Bäumen nach Hemipteren und Ameisen abgesucht. Erfasst wurden dort 67 verschiedene Hemipterenarten, die mit 37 Ameisenarten Trophobiosen unterhielten.

### Artenvielfalt – mehr als die Summe der Effekte von Einzelarten

Die wichtigsten Ergebnisse: Mit steigender Baumartenzahl nahm die Zahl der Hemipteren- und Ameisenarten zu. Im Mischwald aus 24 verschiedenen Baumarten fanden 63 verschiedene Hemipteren ihr Auskommen; das macht im statistischen Mittel 2,75 Arten je Baumart. Dagegen kamen in den Parzellen mit je einer der 24 Baumarten zusammen genommen nur 11 Pflanzensauger oder 0,45 je Baumart vor. „Gäbe es nur additive Effekte, dann dürfte es in der Mischkultur nicht mehr Hemipterenarten geben als in Summe

auf den Monokulturen. Tatsächlich leben dort aber mehr als sechsmal so viele Arten“, betont Felix Fornoff. Mit der Zahl der Primärproduzenten steigt auch die Zahl der Interaktionen mit Arten der höheren Trophie-Ebenen an, fand der Biologe heraus: „Wenn ich alle 24 Monokulturen ansehe, frisst eine bestimmte Blattlausart zum Beispiel nur an zwei verschiedenen Baumarten. Wenn ich aber eine Mischkultur aus denselben 24 Baumarten absuche, dann frisst dieselbe Blattlausart an fünf verschiedenen Baumarten“. Diese Beobachtungen belegen den von MacArthur postulierten Zusammenhang zwischen der Diversität verschiedener Trophie-Ebenen.

Diese erhöhte Diversität kommt durch Synergieeffekte zustande, erläutert Felix Fornoff: „Ich habe im Feld beobachtet, dass die Blattläuse gern an jungen Blätter saugen – und die gibt es übers ganze Jahr hinweg eher in den Mischkulturen als in Monokulturen, wo alles synchroner wächst. Zudem gibt es in der Mischkultur mehr Übergänge zwischen Sonneneinstrahlung und Schatten, was ebenfalls die Heterogenität des Blattwachstums fördert“. Wo viele unterschiedliche Baumarten wachsen, können sich die Insekten ihren Speiseplan optimal zusammenstellen, so Fornoff: „Da kann eine Zikade an einer

### Abbildung 5

2006 wurden in drei Regionen Deutschlands sogenannte Biodiversitäts-Exploratorien eingerichtet. Dazu wurden auf unterschiedlich bewirtschafteten Wiesen – im Bild in der Region Hainich-Dün – 50 x 50 Meter große Versuchsfelder abgesteckt. Darin werden regelmäßig abiotischen Faktoren sowie Art und Anzahl der Pflanzen und ausgewählter Tiergruppen erfasst. Der langfristig angelegte Feldversuch soll die Wechselwirkung zwischen Biodiversität und Stabilität von Ökosystemen ergründen (Foto: Jörg Müller).



giftigen Baumart saugen, die einen hohen Eiweißgehalt hat – und dann auf eine weniger nahrhafte, ungiftige Baumart wechseln. Oder eine Ameise kann auch den raren Honigtau einer wenig produktiven Blattlaus nutzen, wenn in nächster Nähe andere, produktivere Blattlausarten leben“.

### Artenvielfalt entlang eines Landnutzungs-Intensitäts-Gradienten

Auf den Studienparzellen in China – ebenso wie in Jena, Cedar Creek und Sardinilla – wurden Zahl und Zusammensetzung der Pflanzen experimentell manipuliert, um diesen Faktor entlang eines Gradienten analysieren zu können. Einen anderen Ansatz verfolgt ein Langzeit-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, das den Einfluss der Artenvielfalt auf die Leistungsfähigkeit von Ökosystemen aufzeigen soll. Dazu hat man die Regionen Schorfheide-Chorin, Hainich-Dün und Schwäbische Alb auf unbegrenzte Zeit zu einer Art Freilandlabor erklärt. Dort ergibt sich der Diversitätsgradient infolge unterschiedlich intensiver land- und forstwirtschaftlicher Nutzung: Denn je öfter eine Wiese gemäht und je stärker sie beweidet und gedüngt wird, umso artenärmer ist ihr Pflanzeninventar. Seit 2006 werden auf 290 ausgewählten Wald- und Grünlandflächen – sogenannten Biodiversitäts-Exploratorien – regelmäßig tausenderlei Spinnen, Heuschrecken, Zikaden und Wanzen gefangen und deren Arten- und Individuenzahlen mit Landschafts-, Vegetations- und Wetterdaten abgeglichen. Insgesamt neun Gruppen innerhalb des ökologischen Kreislaufs werden separat betrachtet, darunter die Pflanzen als Produzenten, weiter symbiotische Bakterien und Pilze, Pflanzenfresser und Räuber als Konsumenten und schließlich Bodentiere und -mikroben als Zersetzer und Recycler. Parallel dazu bewerten die Wissenschaftler die Versuchsflächen hinsichtlich 14 verschiedener Ökosystemdienstleistungen – von der Bodenbildung über die Lebensmittelproduktion bis zur Klimaregulierung und der Eignung als Erholungsraum. Eine erste Bilanz nach zehn Jahren aufwendiger Feldstudien zeigt: Jede Gruppe beeinflusst mindestens eine Ökosystem-Dienstleistung. Und je vielfältiger die Arten innerhalb einer Gruppe sind, desto zuverlässiger werden diese Dienstleistungen erbracht.

### Artenvielfalt schafft neue Vielfalt an Arten und Funktionen

Dies geschieht grundsätzlich auf zwei verschiedenen Wegen: durch funktionelle Komplementarität oder durch funktionelle Stabilität (TILMAN, REICH & KNOPS 2006). Funktionelle Komplementa-

rität entsteht aufgrund der vielen subtilen Unterschiede, durch die sich jede Art einer Gruppe bei der Ausübung ähnlicher Funktionen unterscheidet. Beispiel Bestäubung: Einzelne Insektenarten fliegen Blüten in unterschiedlichen Höhen entlang der Pflanze an oder suchen verschiedene Bereiche derselben Blüte auf. So ergänzen sich mehrere Arten durch ihre komplementären Eigenschaften und erzielen gemeinsam den optimalen Bestäubungserfolg (BLÜTHGEN & KLEIN 2011). Funktionelle Stabilität wird hingegen dadurch erreicht, dass viele unterschiedliche Arten dieselbe Funktion ausüben: Wenn eine Art ausfällt – etwa, weil es für sie zu windig oder zu kalt zum Fliegen ist –, springt eine andere Art ein, die auch bei diesen Umweltbedingungen noch Blüten besucht. Seitens der Primärproduzenten sorgen Pflanzen mit unterschiedlichen Blühzeiten für ein konstantes Angebot im Jahresverlauf. Diese Asynchronität innerhalb einer Gruppe von Organismen trägt weitaus mehr zur Stabilität von Nahrungsnetzen bei als die bloße Anzahl an Arten. Das ergab ein Monitoring der Biodiversitäts-Exploratorien, das die Fluktuationen von insgesamt 2.671 Pflanzen-, Arthropoden-, Vogel- und Fledermausarten im Verlauf von 24 Monaten erfasste (BLÜTHGEN et al. 2016). Eine Metastudie, die 39 Feldexperimente an Grasländern analysierte, demonstriert ebenfalls die wichtige Rolle der Asynchronität unterschiedlicher Pflanzenarten mit ihren sich ergänzenden Eigenschaften und Überlebensstrategien (CRAVEN et al. 2019).

Im Umkehrschluss bedeutet das: „Wenn wir im Grünland durch eine intensivere Nutzung die Diversität mindern, dann geht auch die Stabilität verloren und die Komplexität der Netzwerke nimmt ab. Genau das haben wir in den Exploratorien gesehen“, betont Nico Blüthgen, Professor am Fachbereich Biologie der Technischen Universität (TU) Darmstadt. Wenn eine Wiese nur eine geringe Auswahl an Futterpflanzen bietet, dann bleiben vor allem die spezialisierten Insekten weg. Diesen Zusammenhang konnte der Ökologe zusammen mit Kollegen von der Universität Würzburg am Beispiel der Pflanzen-Bestäuber-Netzwerke auf 119 Grasland-Exploratorien belegen (WEINER et al. 2014). Für Überraschung sorgte dabei, dass sich die Zahl der Bestäuber-Arten auf artenreichen und -armen Wiesen weniger stark unterschied als erwartet: „Zwar leben auf intensiv genutzten Wiesen deutlich weniger Schmetterlinge und Bienen, dafür aber umso mehr Fliegen. Die Fliegen bilden mit 380 Spezies die artenreichste Gruppe auf unseren Blüten, darunter zahlreiche generalistische ‚Allerweltsarten‘. Damit wird die Gesamtartenzahl kompensiert“, berichtet



Nico Blüthgen. Allerdings stehen auf verarmten Wiesen jeder Fliegenart nur wenige Blütenarten zur Verfügung, gibt der Darmstädter Ökologe zu bedenken: "Das könnte zur Folge haben, dass die Stabilität des Gesamtsystems sinkt."

Die Befunde der Feldstudie werden überlagert von einem allgemeinen Rückgang der Gliederfüßer. Über alle Exploratorien gemittelt, sanken in nur zehn Jahren zwischen 2008 und 2017 sowohl Anzahl (um 34 %) als auch Biomasse (67 %) und Häufigkeit (78 %) der rund 2.700 erfassten Gliederfüßerarten (SEIBOLD et al. 2019). Besonders gravierend ist diese Entwicklung auf Grünland, das von Ackerflächen umgeben ist. Daraus folgern die Autoren, dass die derzeit praktizierte Form der Landnutzung dringend reformiert werden muss, um deren negative Auswirkungen abzumildern. Tatsächlich hängen vom Erhalt der Biodiversität nicht nur höhere und stabilere Ernten ab, sondern zahlreiche unverzichtbare Gemeinwohlleistungen.

Das zeigt eine Analyse von 14 Ökosystemleistungen auf 150 Grasland-Exploratorien (ALLAN et al. 2015). Erfasst wurden unter anderem die Anzahl von Wespenkolonien, die sich durch die Vertilgung von Schädlingen nützlich machen, die Bestäubungsleistung, die Dichte pflanzenpathogener Mikroben, verschiedene Eigenschaften der Bodenorganismen wie die Nitrifikationsrate oder die Hyphenlänge symbiontischer Pilze, aber auch die ästhetische Attraktivität des Grünlands für Erholungssuchende. Artenreiche Wiesen schneiden in allen diesen Funktionen besser ab als artenarme Vergleichsflächen. Diese vielen Vorzüge hoher Biodiversität kommen der gesamten Gesellschaft und insbesondere den Landwirten selbst zugute. Sie seien gut beraten, sich für den Erhalt der Artenvielfalt einzusetzen, betont Nico Eisenhauer: "Es liegt ja in ihrem eigenen Interesse, dass das Land, das sie heute bewirtschaften, auch noch ihren Kindern und Enkelkindern den größtmöglichen Nutzen bringt".

#### Abbildung 6

Die Auswertung der Biodiversitäts-Exploratorien zeigt ganz klar: Wo Wiesen intensiv genutzt werden, geht nicht nur die Zahl der Pflanzenarten zurück. Mit ihnen verschwinden auch auf bestimmte Wirtsarten spezialisierte Bestäuber-Insekten wie a) die Sechsbändige Furchenbiene (*Halictus sexcinctus*), b) der Nebelschildkäfer (*Cassida nebulosa*) oder c) die Zweiband-Wespe (*Chrysotoxum bicinctum*; Fotos: a) Fritz Geller-Grimm/CC BY-SA via Creative Commons, URL 1, b) Dariusz Baużys, c) Richard Bartz/CC BY-SA via Creative Commons, URL 2).

## Literatur

- ALLAN, E., MANNING, P., ALT, F. et al. (2015): Land use intensification alters ecosystem multifunctionality via loss of biodiversity and changes to functional composition. – *Ecology Letters* 2015; [https://doi: 10.1111/ele.12469](https://doi.org/10.1111/ele.12469).
- BLÜTHGEN, N. & KLEIN, A. M. (2011): Functional complementarity and specialisation: Why biodiversity is important in plant-pollinator interactions. – *Basic and Applied Ecology* 12(4): 282–291.
- BLÜTHGEN, N., SIMONS, N. K., JUNG, K. et al. (2016): Land use imperils plant and animal community stability through changes in asynchrony rather than diversity. – *Nature Communications* 7: 10697.
- CRAVEN, D., EISENHAUER, N., PEARSE, W. D. et al. (2019): Multiple facets of biodiversity drive the diversity–stability relationship. – *Nature Ecology and Evolution* 2: 1579–1587.
- EISENHAUER, N., BONKOWSKI, M., BROSEE, U. et al. (2019): Biotic interactions, community assembly, and eco-evolutionary dynamics as drivers of long-term biodiversity–ecosystem functioning relationships. – *Research Ideas and Outcomes* 5: 1–32.
- FORNOFF, F., KLEIN, A.-M., BLÜTHGEN, N. et al. (2019): Tree diversity increases robustness of multi-trophic interactions. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 286: 20182399; <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2399>.
- KHALSA, J., FRICKE T., WEISSER, W. W. et al. (2012): Effects of functional groups and species richness on biomass constituents relevant for combustion: results from a grassland diversity experiment. – *Grass and Forage Science* 67: 569–588; [https://doi: 10.1111/j.1365-2494.2012.00884.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00884.x).
- MACARTHUR, R. (1955): Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. – *Ecology* 36: 533–536.
- SCHNABEL, F., SCHWARZ, J. A., DĂNESCU, A. et al. (2019): Drivers of productivity and its temporal stability in a tropical tree diversity experiment. – *Global Change Biology*, doi: 10.1111/gcb.14792.
- SEIBOLD, S., GOSSNER, M. M., SIMONS, N. K. et al. (2019): Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. – *Nature* 574: 671–674.
- TILMAN, D. & DOWNING, J. (1994): Biodiversity and Stability in Grasslands. – *Nature* 6461: 363–365.
- TILMAN, D., REICH, P. B. & KNOPS, J. M. H. (2006): Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. – *Nature* 441(7093): 629–632.
- VAN DER PLAS, F., MANNING, P., ALLAN, E. et al. (2016): Jack-of-all-trades effects drive biodiversity-ecosystem multifunctionality relationships in European forests. – *Nature Communications*; <http://www.nature.com/ncomms/2016/160324/ncomms11109/abs/ncomms11109.html>.
- WEINER, C. N., WERNER, M., LINSENMAIR, K. E. et al. (2014): Land-use impacts on plant-pollinator networks: interaction strength and specialization predict pollinator declines. – *Ecology* 95(2): 466–474.
- WEISSER, W. W., ROSCHER, C., MEYER, S. T. et al. (2017) Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: patterns, mechanisms, and open questions. – *Basic and Applied Ecology* 23: 1–73. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.06.002>.
- URL 1: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>.
- URL 2: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>.

## Autorin



**Monika Offenberger,**  
Jahrgang 1961.

Studium der Biologie in München, Promotion im Fach Ökologie. 1988–1992 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen und an der Ludwigs-Maximilians-Universität (LMU) München. Seit 1989 als freie Wissenschaftsjournalistin und Buchautorin (unter anderem „Symbiose“ und „Die Zeit des Waldes“) tätig.

+49 89 7257361  
[monika.offenberger@mnet-mail.de](mailto:monika.offenberger@mnet-mail.de)

## Zitiervorschlag

OFFENBERGER, M. (2020): Ökosystemforschung: Pflanzenvielfalt fördert Stabilität von Nahrungsnetzen. – *ANLIEGEN NATUR* 42(1): 91–98, Laufen; [www.anl.bayern.de/publikationen](http://www.anl.bayern.de/publikationen).