

WIE GELINGT RENATURIERUNG?

## Pflanzenvielfalt im Grünland und in Wäldern verbessert Nährstoffrückhalt

AutorInnen: Dr. Sophia Leimer, Prof. Dr. Wolfgang Wilcke (Karlsruher Institut für Technologie KIT)

**In zwei großen Feldversuchen werden die Rückwirkungen pflanzlicher Biodiversität auf den Wasserhaushalt im Boden und auf die Kreisläufe der Nährelemente Stickstoff und Phosphor untersucht. Im Ergebnis zeigt sich, dass wesentlich weniger Nitrat aus dem Boden ins Grundwasser ausgewaschen wird, wenn die pflanzliche Vielfalt steigt. Der Grund liegt in einem besser geschlossenen Nährelementkreislauf.**

- Das Jena-Experiment und die Biodiversitäts-Exploratorien gehören zu den größten Experimenten zur Untersuchung der Bedeutung von Biodiversität.
- Allein aus der zunehmenden Anzahl an Pflanzenarten ergibt sich schon eine steigende Biomasseproduktion.
- Die Zunahme pflanzlicher Diversität verbessert nach einiger Zeit auch die Wasserleitfähigkeit des Bodens.
- Pflanzengemeinschaften mit höherer Biodiversität schöpfen Ressourcen vollständiger aus und schützen benachbarte Ökosysteme und Grund- und Oberflächenwässer vor Überdüngung.

Zu den wichtigsten Gründen des globalen, menschengemachten Verlustes an Artenvielfalt gehören die übermäßige Landnutzung und Inanspruchnahme von Flächen, die Klimaänderung und Stickstoffeinträge. Allerdings ist Biodiversität (u.a. Artenvielfalt) nicht nur eine von äußeren Einflüssen bestimmte Größe. Sie ist gleichzeitig am Funktionieren von Ökosystemen beteiligt und erbringt für uns Menschen unverzichtbare Leistungen.

Die Dienstleistungsfunktion der Biodiversität innerhalb der Ökosysteme wurde weltweit in den vergangenen etwa zwei Jahrzehnten in einer Reihe von großen und zahlreichen kleinen Experimenten wissenschaftlich untersucht. Zu den größten Experimenten gehören das Jena-Experiment und die Biodiversitäts-Exploratorien in Baden-Württemberg, Brandenburg und Thüringen. Es geht in den Experimenten unter anderem darum, langfristig abzusehen, wie sich Stoffflüsse und Biodiversität in gering bewirtschaftetem Grünland und Wald von solchen

Flächen unterscheiden, die intensiver bewirtschaftet, z.B. gedüngt und beweidet werden – all das in realen Landschaften. Wie hängen Landnutzungsintensität, Biodiversitätswandel und Ökosystemfunktionen zusammen? Welche Rolle spielt dabei die Pflanzenvielfalt für Nährstoffflüsse, -verluste, deren Recycling und den Bodenwasserhaushalt? Die Nutzungsintensität wird in den Experimenten sehr genau erhoben, um sie in Beziehung zu den Ergebnissen setzen zu können.

### Funktionelle Biodiversität erforschen

Das Jena-Experiment ist eines der am längsten laufenden Biodiversitätsexperimente in Europa. Dafür wurde im Jahr 2002 die pflanzliche Biodiversität durch Ansäen von Grünlandmischungen mit 1–60 Pflanzenarten auf einer früheren, zehn Hektar großen Ackerfläche ganz gezielt variiert (Abb. 1). Die Fläche wird seitdem als gering genutztes (extensives) Grünland mit zweimaliger Mahd pro Jahr und ohne Düngung



**Abb. 1:** Blick auf die Untersuchungsflächen des Jena-Experiments.

Foto: Eva Koller-France



**Abb. 2:** Biodiversitäts-Exploratorien auf der Schwäbischen Alb: Links im Vordergrund Messung der Wasserleitfähigkeit. Untersucht wird u.a. wie sich Stoffflüsse und Biodiversität in gering bewirtschaftetem Grünland von solchen Flächen unterscheiden, die intensiver bewirtschaftet werden – all das in realen Landschaften. Foto: Sophia Leimer

bewirtschaftet. Die gewünschten Pflanzenartenzahlen werden durch selektives Jäten erhalten.

Im Gegensatz dazu werden in den Biodiversitäts-Exploratorien in Brandenburg, Baden-Württemberg und Thüringen großräumig bereits bestehende, unterschiedlich bewirtschaftete Grünland- und Waldflächen untersucht, die einen breiten Umweltgradienten in Mitteleuropa repräsentieren (seit 2006, s.a. Abb. 2). Das Versuchsdesign umfasst je 50 Wald- und Grünlandflächen mit unterschiedlicher Landnutzungsintensität. Die Wahl fiel auf Untersuchungsflächen, die sich zwar grundlegend in der Landnutzung unterscheiden, sich abgesehen davon aber so ähnlich wie möglich sind.

Die drei Untersuchungsgebiete der Biodiversitäts-Exploratorien sind Hainich-Dün, Schorfheide-Chorin und die Schwäbische Alb. Es handelt sich dabei um Biosphärenreservate und einen Nationalpark mit einem einzigartigen Reichtum an Pflanzenarten.

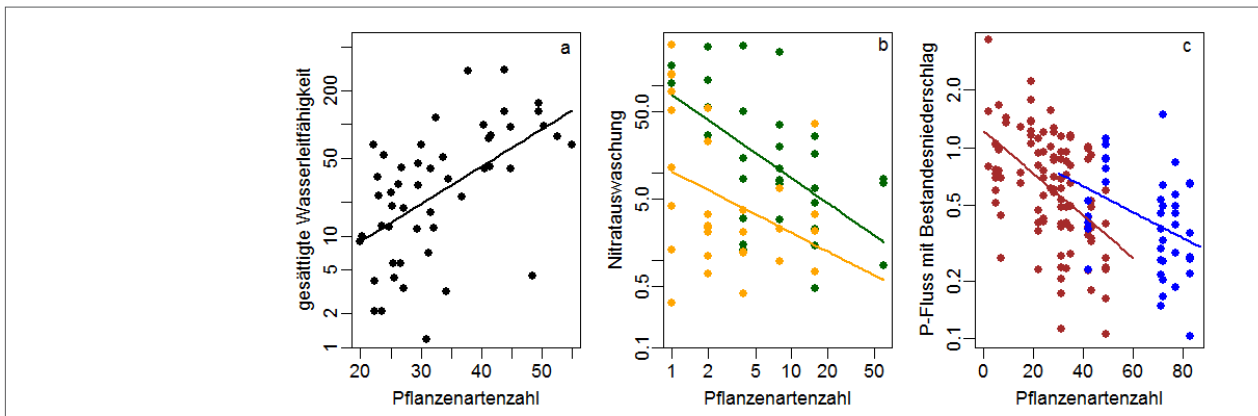
Der Hainich-Dün (1.300 km<sup>2</sup>) ist vor allem für seine weitflächigen Bestände an Buchen und Buchenmischwäldern bekannt, die von unberührten „Urwäldern“ über Bauernwälder bis hin zu intensiv genutzten Forsten reichen. Schorfheide-Chorin (1.300 km<sup>2</sup>) zählt mit ca. 550 mm

Jahresniederschlag zu den trockensten Regionen Deutschlands. Zur potentiellen natürlichen Vegetation gehören dort ausgedehnte Kiefern- und Buchen(misch)wälder, Traubeneichen, sowie azonale Erlen- und Moorbirkenwälder.

Im Biosphärenreservat Schwäbische Alb (430 km<sup>2</sup>) finden sich ausgedehntes, seit Jahrhunderten durch Schafe beweidetes Grünland, naturbelassene Wiesen bis hin zu Intensivgrünland sowie Streuobstwiesen und Wiesen mit Feldgehölzen. Diese werden unterbrochen von einzelnen Baumbeständen, und zum Teil artenreichen Schlucht- und Hangmischwäldern. Die Biodiversität, die sich auf den Untersuchungsflächen in Reaktion auf die unterschiedliche menschliche Einwirkung über diesen langen Zeitraum eingestellt hat, zeigt eine breite Spanne.

### **Zunehmende Biomasse bei zunehmender Pflanzendiversität**

Als konsistentes Ergebnis von Biodiversitätsexperimenten wie dem Jena-Experiment, in denen eine gewünschte Artenzahl künstlich eingestellt wurde, ergab sich eine steigende Biomasseproduktion mit zunehmender Pflanzenartenzahl bei ansonsten gleichen Standortbedingungen. Nimmt die Pflanzenartenzahl also zu, spiegelte sich das stets in der Biomasse-



**Abb. 3:** Zusammenhang zwischen Pflanzenartenzahl und (a) gesättigter Wasserleitfähigkeit [ $10^{-6} \text{m s}^{-1}$ ] der Oberböden der Grünlandflächen des Biodiversitäts-Exploratoriums Schwäbische Alb, (b) Nitratauswaschung [ $\text{mg m}^{-2} \text{Monat}^{-1}$ ] im Januar (Mittel aus den Jahren 2004, 2005 und 2006) aus Böden der Grünlandflächen des Jena-Experiments mit (grün) und ohne (gelb) Leguminosen, (c) Phosphorfluss mit dem Bestandsniederschlag [ $\text{kg ha}^{-1} \text{Jahr}^{-1}$ ] in Buchen- (braun) und Fichtenwäldern (blau) der Biodiversitäts-Exploratorien. Grafik: KIT

produktion wieder. Andere wichtige Ergebnisse betreffen den Bodenwasserhaushalt und die im Bodenwasser enthaltenen Nährelemente.

Relevant für die Bodenfruchtbarkeit ist beispielsweise, wie viel der Nährelemente mit dem Bodenwasser ausgewaschen wurde und in welchem Maße Grundwasser durch diese Auswaschung verunreinigt werden kann. In beiden Großexperimenten wurden über mehrere Jahre Proben des Niederschlags und der Bodenlösung gesammelt. In diesen Proben wurden die beiden mengenmäßig bedeutendsten Nährelemente Stickstoff und Phosphor gemessen. Mithilfe von zusätzlich zentral erhobenen meteorologischen Daten konnten die wissenschaftlichen Teams den Wasserhaushalt der einzelnen Flächen quantifizieren. Sie bestimmten, wie viel Wasser verdunstet und wie viel Sickerwasser aus dem Boden fließt. Durch Multiplikation der Sickerwasserflüsse mit den Nährelement-Konzentrationen erhielten sie die Nährelementflüsse.

### Pflanzendiversität beeinflusst den Wasserhaushalt

Unsere Ergebnisse zeigen, wie Pflanzendiversität den Wasserhaushalt von Grünland beeinflusst. Wie bereits erwähnt, erhöht sich mit der Pflanzenvielfalt auch stets die Biomasseproduktion. Mehr Biomasse ist dann auch in der Lage, den Oberboden stärker zu beschatten und diesen so in den ersten Jahren feuchter zu halten (Jena-Experiment). Der Feuchtehaushalt des Oberbodens verändert sich jedoch mit der Zeit.

Nach mehreren Jahren ließ sich in dem vormaligen, regelmäßig gepflügten Ackerboden nämlich eine verbesserte Wasserleitfähigkeit nachweisen. Grund hierfür war zum einen die Entstehung stabiler Bodenaggregate, sprich Zusammenballungen von größeren und feineren Körnern, aus denen der Boden besteht. Zum anderen erhöhte das Röhrensystem, welches sich durch die Wurzeln der vielen Pflanzenarten und durch die Bodentiere wie Regenwürmer allmählich herausbildet, die Wasserleitfähigkeit. Das führte dazu, dass der Oberboden in späteren Jahren umso schneller trocknete, je mehr Arten vorhanden waren. Auch auf den seit langem bestehenden Grünlandflächen der Schwäbischen Alb war dieses Phänomen zu beobachten (Abb. 3a).

Neben der Pflanzenartenzahl spielten auch bestimmte Merkmale der vorhandenen Arten eine wichtige Rolle. Beispielsweise verringerten Stickstoff-fixierende Pflanzen (Leguminosen) wie z.B. Klee die Verdunstung aus dem Oberboden, weil sie zu einer größeren Pflanzenbedeckung des Bodens führen, die viel Schatten

wirft. Leguminosen düngen nämlich durch ihre Fähigkeit Stickstoff zu fixieren den Boden und führen so zu mehr oberirdischer Biomasse.

### **Besserer Nährelement-Rückhalt in Baumkronen und Böden bei steigender Artenzahl**

Im Hinblick auf den Nährelementkreislauf zeigte sich, dass Pflanzengemeinschaften mit höherer Biodiversität Ressourcen vollständiger ausschöpfen. Beispielsweise reduzierte im Jena-Experiment eine steigende Pflanzenartenzahl die Nitratkonzentration und -auswaschung aus dem Boden (Abb. 3b). Nitrat ist die oxidierte Form von Stickstoff. Es dient zum einen als Pflanzennährstoff, kann zum anderen aber das Grundwasser verunreinigen. In den Waldbeständen der Versuchsgebiete zeigten sich ähnliche Effekte. Beispielsweise führte eine höhere Pflanzenartenzahl zu einer verstärkten Stickstoffrückhaltung im Kronenraum des Waldes und reduzierte die Stickstoffauswaschung aus der Waldbodenaufgabe, sprich dem sich allmählich zersetzenden Laub, in den Mineralboden.

Für Phosphor konnte im Jena-Experiment bei steigender Zahl der Pflanzenarten eine zunehmende Ausnutzung des verfügbaren Phosphorvorrats im Boden nachgewiesen werden. In den Waldbeständen der Versuchsgebiete sanken die Phosphorflüsse entlang des Wasserpfades (vom Bestandesniederschlag im Wald über die Waldbodenaufgabe in den Mineralboden) mit steigender Pflanzenartenzahl (Abb. 3c).

Mithin führt eine steigende Biodiversität zu weniger Nährelementverlusten aus den Ökosystemen und damit auch zu weniger möglichen Umweltschäden in angrenzenden Ökosystemen. Denn durchsickerndes Nitrat kann im als Trinkwasser genutzten Grundwasser gesundheitsgefährdend sein, während Phosphor, welches in Oberflächengewässer gelangt, beispielsweise Algenblüten mitbedingt. Biodiverse Ökosysteme halten diese Elemente verstärkt zurück.

### **Hohe Biodiversität erhält geschlossene Nährelementkreisläufe**

Unsere Ergebnisse belegen die wichtige Rolle der Biodiversität für das Funktionieren von Ökosystemen. Eine hohe Biodiversität trägt zur Aufrechterhaltung von geschlossenen Nährelementkreisläufen bei und ist somit sowohl ökonomisch als auch im Hinblick auf den Umweltschutz bedeutend.

Geschlossene Nährelementkreisläufe verringern den Düngeraufwand und schützen benachbarte Ökosysteme und Grund- und Oberflächenwässer vor Überdüngung. Mit dem zunehmenden Verlust der Biodiversität ist eine Destabilisierung dieser Ökosystemfunktionen zu befürchten und damit eine Einschränkung ihrer Dienstleistungsfunktionen für die Bewirtschaftung durch den Menschen.

#### **Forschungssteckbrief**

**Jena-Experiment** und **Biodiversitäts-Exploratorien**: Beide Projekte werden durch die **Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)** gefördert. Des Weiteren leisten die **Max-Planck-Gesellschaft** und die **Friedrich Schiller-Universität Jena** einen finanziellen Beitrag zum Jena-Experiment. Im Rahmen dieser Großversuche kooperiert eine Vielzahl von Arbeitsgruppen aus unterschiedlichen Disziplinen, die sich gegenseitig ihre erhobenen Daten zur Verfügung stellen. Auf den Zusammenhang zwischen der Biodiversität und dem Wasserhaushalt sowie den Nährelement-Kreisläufen fokussiert sich dabei die Gruppe für Geomorphologie und Bodenkunde am Institut für Geographie und Geoökologie des **Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)**.

## Quellen

- EUROSTAT. (2017). Land cover and land use, landscape (LUCAS) [ec.europa.eu/eurostat].
- Fischer, M., Bossdorf, O., Gockel, S., Hänsel, F., Hemp, A., Hessenmöller, D., Korte, G., Nieschulze, J., Pfeiffer, S., Prati, D., Renner, S., Schöning, I., Schumacher, U., Wells, K., Buscot, F., Kalko, E. K. V., Linsenmair, K. E., Schulze, E. D. & Weisser, W. W. (2010). Implementing large-scale and long-term functional biodiversity research: the Biodiversity Exploratories. *Basic and Applied Ecology*, 11(6), 473-485. doi:10.1016/j.baae.2010.07.009
- Grace, J. B., Anderson, M., Seabloom, E. W., Borer, E. T., Adler, P. B., Harpole, W. S., Hautier, Y., Hillebrand, H., Lind, E. M., Pärtel, M., Bakker, J. D., Buckley, Y. M., Crawley, M. J., Damschen, E. I., Davies, K. F., Fay, P. A., Firn, J., Gruner, D. S., Hector, A., Knops, J. M. H., MacDougall, A. S., Melbourne, B. A., Morgan, J. W., Orrock, J. L., Prober, S. M. & Smith, M. D. (2016). Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. *Nature*, 529, 390-393. doi:10.1038/nature16524
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Roscher, C., Schumacher, J., Baade, J., Wilcke, W., Gleixner, G. & Weisser, W. W. (2004). The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. *Basic and Applied Ecology*, 5(2), 107-121. doi:10.1078/1439-1791-00216
- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M. & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774. doi:10.1126/science.287.5459.1770
- Weisser, W. W., Roscher, C., Meyer, S. T., Ebeling, A., Luo, G., Allan, E., Beßler, H., Barnard, R. L., Buchmann, N., Buscot, F., Engels, C., Fischer, C., Fischer, M., Gessler, A., Gleixner, G., Halle, S., Hildebrandt, A., Hillebrand, H., de Kroon, H., Lange, M., Leimer, S., Le Roux, X., Milcu, A., Mommer, L., Niklaus, P. A., Oelmann, Y., Proulx, R., Roy, J., Scherber, C., Scherer-Lorenzen, M., Scheu, S., Tschardtke, T., Wachendorf, M., Wagg, C., Weigelt, A., Wilcke, W., Wirth, C., Schulze, E., Schmid, B. & Eisenhauer, N. (2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic and Applied Ecology*, 23, 1-73. doi:10.1016/j.baae.2017.06.002

## Impressum

### Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam,  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam

### Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen  
Jana Kandarr  
Oliver Jorzik

### Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: [redaktion-eskp@gfz-potsdam.de](mailto:redaktion-eskp@gfz-potsdam.de)

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/biodiversitaet-im-meer-und-an-land/inhalt-937146/>

Stand: Februar 2020

Heft-DOI: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>

ISBN: 978-3-98-16597-4-0

### Zitiervorschlag:

Earth System Knowledge Platform (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1

### Einzelartikel:

[Autor\*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:  
eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)