



Reduzierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Agrarlandschaft: Strategien aus Sicht der Biodiversitätsforschung

Christoph Scherber (C.Scherber@leibniz-lib.de), Michael Meyer (micmeyer@uni-muenster.de),
Claudia Bohacz (C.Bohacz@leibniz-lib.de), Ingo Glock (I.Glock@leibniz-lib.de),
David Ott (D.Ott@leibniz-lib.de)

Abstract

Wir beobachten seit Jahrzehnten einen schleichenden Rückgang der Biodiversität in Agrarlandschaften – Arten wie Feldlerche, Kiebitz und Großer Brachvogel verschwinden. Flurbereinigungsmaßnahmen und eine immer intensivere Landwirtschaft werden hierbei als Gründe für den Biodiversitätsrückgang diskutiert. Der reduzierte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln könnte zur Förderung der Biodiversität beitragen, doch war bisher unklar, ob dies ohne Ertragsverluste möglich ist. Im Beitrag werden Studien vorgestellt, bei denen unterschiedliche Strategien des reduzierten Pflanzenschutzes auf ihre Ertrags- und Biodiversitätswirkungen hin experimentell getestet wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass Mischformen aus ökologischer und konventioneller Landwirtschaft, und ganz allgemein diversifizierte Anbausysteme reduzierten Pflanzenschutz, Ertragsstabilität und Biodiversitätserhalt vereinen können.

Einleitung

Die Landschaften Mitteleuropas haben sich während der letzten Jahrzehnte stark verändert, nicht zuletzt durch mehrere Phasen der Flurbereinigung, die zu einer Zusammenlegung kleinerer Parzellen zu größeren landwirtschaftlichen Schlägen geführt haben (SRU 1985, S. 88). Zugleich haben Innovationen in der Pflanzenzüchtung es ermöglicht, höhere Erträge zu erzielen (Rasmussen *et al.*, 1998). Allerdings wurde die Zunahme der landwirtschaftlichen Produktivität erkaufte durch eine zunehmend stärkere Abhängigkeit von Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen. Einhergehend mit der landwirtschaftlichen Intensivierung ist seit ungefähr 1980 ein zunehmender Rückgang der Artenvielfalt in Agrarlandschaften zu beobachten (BfN 2017). Diese Rückgänge sind nicht auf die Agrarflächen beschränkt, sondern können auch in Schutzgebieten beobachtet werden. Die Ursachen für diese Rückgänge sind multifaktoriell. Allerdings wird immer wieder diskutiert, dass auch der weitverbreitete Einsatz von Pflanzenschutzmitteln einer der Faktoren für den Rückgang der Artenvielfalt sein kann. Eigentlich liegt dies sogar auf der Hand – sind Pflanzenschutzmittel ja dafür gemacht, bestimmte Organismengruppen zu kontrollieren und damit Populationen zu reduzieren (Geiger *et al.* 2010). Bereits im Jahr 2002 konnte in einer in „Science“ publizierten Studie nachgewiesen werden, dass eine Reduktion von Pflanzenschutzmitteln, wie sie beispielsweise im Ökolandbau erfolgt, die Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität positiv beeinflussen kann (Mäder *et al.*, 2002).

Nach einer soeben veröffentlichten Studie (Wan *et al.* 2025) wirken Pflanzenschutzmittel weltweit negativ auf ein breites

Spektrum von Nicht-Zielorganismen. In dieser Studie wurden über 1700 Einzelstudien aus aller Welt zusammengefasst, die sich mit den Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen beschäftigt hatten. Hierbei wurden 243 Insektizide, 104 Fungizide und 124 Herbizide betrachtet. Das Ergebnis: Sowohl unter Freiland- als auch unter Laborbedingungen, sowohl in temperaten wie in tropischen Systemen und quer über ein breites Spektrum an Organismengruppen hinweg sind umfangreiche Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln zu beobachten, die Nicht-Zielorganismen betreffen. Darunter konnten beispielsweise negative Wirkungen von Herbiziden auf die Fortpflanzung und das Verhalten von Tieren, oder Wirkungen von Fungiziden auf das Wachstum von Tieren beobachtet werden. Die Wirkungen waren sowohl in aquatischen wie auch in terrestrischen Systemen ähnlich stark und waren robust auch unter einer Vielzahl zusätzlicher statistischer Auswertungen.

Während die negativen Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln also inzwischen weitestgehend gut bekannt und umfassend beschrieben sind, stellt sich die Frage, ob und wie es möglich sein könnte, ihren Einsatz in der Landwirtschaft zu reduzieren, ohne dabei Ertragseinbußen in Kauf nehmen zu müssen.

Am Leibniz-Institut zur Analyse des Biodiversitätswandels (LIB) erforschen wir bereits seit vielen Jahren Strategien für eine biodiversitätsfreundliche Landwirtschaft. Wir untersuchen die Haupttreiber des Biodiversitätswandels und prüfen unter anderem, welche Möglichkeiten es gibt, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft zu reduzieren. Dabei arbeiten wir mit Landwirtinnen und Landwirten, aber auch mit Industrievertretern, Naturschutzorganisationen und -behörden zusammen, um gemeinsam Lösungen zu erarbeiten, die sich wirtschaftlich für Landwirtschaft und Industrie rechnen und gleichzeitig zum Erhalt der Biodiversität beitragen.

Eine naheliegende Möglichkeit der Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln ist zunächst die Schulung von Anwenderinnen und Anwendern, ein bedarfsgerechter Einsatz nach dem Schadschwellenprinzip, sowie eine Verwendung moderner Spritztechnik mit entsprechender Driftreduktion (IVA 2018). Bei all diese Maßnahmen ist davon auszugehen, dass sie im Rahmen der guten fachlichen Praxis und des integrierten Pflanzenschutzes bereits Anwendung finden (Orr 2009). Unsere Forschungen befassen sich daher mit größer angelegten Reduktionsstrategien, die auch neuartige Anbausysteme und Mischformen zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft umfassen.

Förderung von Insekten und Ackerwildkräutern durch reduzierten Pflanzenschutz

Im Rahmen des Projektes „FINKA“ (Förderung von Insekten im Ackerbau), welches im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) gefördert wird, untersuchen wir (gemeinsam mit einem Netzwerk an Kooperationspartnern wie der Universität Göttingen und unter der Leitung des Kompetenzzentrums Ökolandbau Niedersachsen GmbH), ob Landwirtschaft mit reduziertem Pflanzenschutz funktioniert. Insgesamt 30 konventionell wirtschaftende Landwirtinnen und Landwirte verzichten auf jeweils einer Anbaufläche auf den Einsatz von Insektiziden und Herbiziden. Dabei werden sie von (ebenfalls 30) ökologisch wirtschaftenden Partnerbetrieben beraten, so dass die Unkrautkontrolle beispielsweise mit mechanischen statt chemischen Methoden erfolgen kann. Im Projekt liegen inzwischen Daten zur Menge und Vielfalt von Insekten, aber auch Ertrags- und ökonomische Daten seit 2021 vor. Es zeichnet sich ab, dass ein reduzierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln tatsächlich ähnlich hohe Erträge liefern kann, wie der konventionelle Anbau und zugleich positive Wirkungen auf die Insektenfauna und die Pflanzenwelt hat (Abbildung 1).

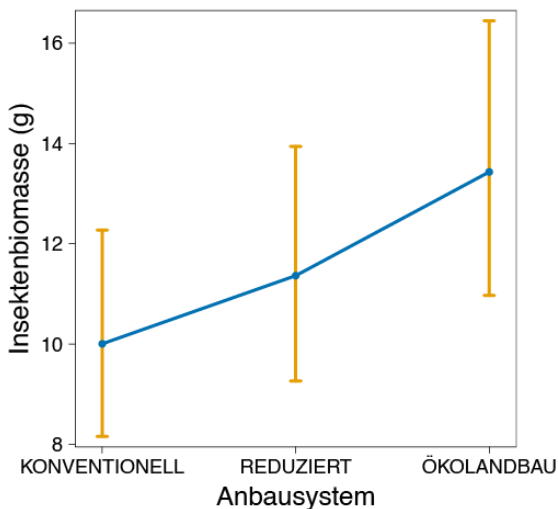


Abb. 1: Biomasse von Fluginsekten aus N=90 Versuchsfeldern (30 Betriebspaare) in Niedersachsen. Die Insektenbiomasse im reduzierten Pflanzenschutz (ohne Herbizid- oder Insektizideinsatz) liegt im Mittelfeld zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung. Die Fehlerbalken zeigen 95% Konfidenzintervalle, die blauen Punkte zeigen Mittelwerte (lineares gemischtes Modell). Bohacz et al., unveröffentlicht. Fehlerbalken zeigen 95% Konfidenzintervalle aus generalized linear mixed effects-Modellen.

Diversifizierung von Fruchtfolgen

Die vielleicht einfachste Methode, um Biodiversität in Agrarlandschaften zu fördern und Pflanzenschutzmittel einzusparen, ist die sogenannte zeitliche Diversifizierung. Dabei wird beispielsweise jedes Jahr eine andere Feldfrucht angebaut (Fruchtfolge), zudem kann auch mit Zwischenfrüchten gearbeitet werden, um über möglichst lange Zeiträume hinweg eine Vegetationsbedeckung auf dem Acker zu erhalten. Unsere

Studien haben dabei gezeigt, dass eine diversifizierte Fruchtfolge (zum Beispiel Anbau von vier Feldfrüchten anstatt einer Feldfrucht in Folge) ebenfalls positiv auf Insekten wirken (Meyer et al. 2019, Abbildung 2). Allerdings sind diese Effekte häufig durch einzelne Feldfrüchte dominiert – wenn also zum Beispiel in einer Fruchtfolge in einem bestimmten Jahr Winterrapis angebaut wird, so wirkt sich dies über 1-3 Jahre hinweg positiv auf die Insekten aus, die in den Folgejahren auf dieser Fläche anzutreffen sind, selbst wenn dann bereits die jeweilige Nachfrucht angebaut wird. Unsere bisherigen Ergebnisse zeigen, dass eine diversifizierte Fruchtfolge im Vergleich mit anderen Maßnahmen nur vergleichsweise geringe Auswirkungen auf die Biodiversität hat.

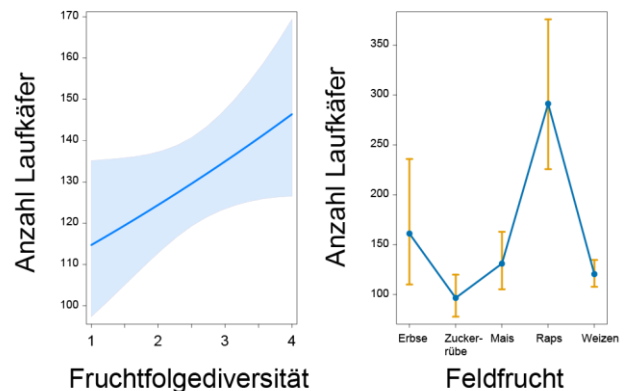


Abb. 2: Auswirkungen einer diversifizierten Fruchtfolge auf Laufkäfer (Carabidae) in einem Langzeit-Fruchtfolgeversuch bei Göttingen. Die Reinkultur (Fruchtfolgediversität=1) hat nur knapp über 110 Individuen pro Fangintervall, während eine buntere Fruchtfolge bis zu über 140 Individuen aufweist. Einzelne Feldfrüchte wie Erbse oder Raps führen aber zu deutlich größeren Steigerungen der Individuenzahlen. Nach Meyer et al. (2019). Fehlerbalken zeigen 95% Konfidenzintervalle aus generalized linear mixed effects-Modellen.

Können Blühstreifen Insektizide ersetzen?

Eine weitere Maßnahme der Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln ist die Einführung von Blühstreifen in die Kulturfläche hinein (Abbildung 3). Im Gegensatz zu „gewöhnlichen“ Blühstreifen, die sich normalerweise am Rande einer Agrarfläche befinden, ist die Idee bei den von uns untersuchten Blühstreifen, dass man sie mitten ins Feld legt (sogenannte *in-field flowering strips*). Im Rahmen des von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und von der Landwirtschaftlichen Rentenbank geförderten Projektes „FlowerBeet“ haben wir über zwei Jahre hinweg untersucht, ob solche Blühstreifen im Feld dazu geeignet sind, Schadinsekten in landwirtschaftlichen Kulturen zu kontrollieren und deren Populationsdichte zu reduzieren. Unser Modellsystem ist dabei die Zuckerrübe, und im Speziellen der Befall mit Blattläusen. Blattlausarten wie die Grüne Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*) oder die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*) können dabei Pflanzenviren übertragen – die zu hohen Ertragseinbußen führen können. Unsere Studien haben dabei recht überraschende Ergebnisse erzielt: einige der Blühstreifen, insbesondere ein neuartiger Blühstreifen aus Winter-Ackerbohne (*Vicia faba*), reduzierten die Blattlauspopulationen sogar stärker als die

Insektizid-Anwendung. Dieser Effekt beschränkte sich zwar auf wenige Meter Entfernung vom Blühstreifen – jedoch könnte sich hieraus eine neuartige Methode der Kontrolle von Blattläusen im Zuckerrübenanbau ergeben. Eine Idee könnte zum Beispiel sein, gezielt Ackerbohnen zwischen einige der Rübenreihen zu säen. Dadurch könnte man Gegenspieler der Blattläuse (wie zum Beispiel Laufkäfer oder Wolfsspinnen) rechtzeitig in die Kultur locken, um somit eine effiziente biologische Schädlingskontrolle zu erzielen.



Abb. 3: Replizierte und randomisierte Blühstreifen in der Feldmitte eines Zuckerrübenschlages im Rahmen des FlowerBeet-Projektes. Zwischen den Blühstreifen wird kein Insektizid angewendet. Bildquelle: © B. Wieters, Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen.

Mischkulturen als neue „Grüne Revolution“ in der Landwirtschaft

Die sicherlich spannendsten Ergebnisse unserer Forschungen der letzten Jahre ergeben sich aus dem von der Europäischen Union geförderten Projekt „DIVERSify“ – hier haben wir an einer Vielzahl europäischer Standorte untersucht, ob und wie man die typische landwirtschaftliche „Monokultur“ (Reinkultur) durch sogenannte Mischkulturen ersetzen kann. Hierbei macht man sich Ergebnisse aus Biodiversitäts-Experimenten zunutze (z.B. Scherber et al. 2010). Diese Experimente wurden ursprünglich in Grünlandsystemen angelegt, um herauszufinden, wie sich die Eigenschaften von Ökosystemen ändern, wenn man die Anzahl an Pflanzenarten verändert. Wir haben nun Rein- und Mischkulturen der häufigsten Acker-Feldfrüchte Europas (Weizen, Gerste) über mehrere Jahre hinweg untersucht und sowohl Erträge als auch Insekten-Biodiversität gemessen (Brandmeier et al. 2021, 2023). Überraschend an Mischkulturssystemen ist, dass man dort eigentlich weder düngen noch Pflanzenschutz anwenden kann, da man in der Regel Ein- und Zweikeimblättrige Pflanzen gemeinsam kultiviert. Häufig besteht die Mischkultur beispielsweise aus Getreide und Leguminosen (wie Erbsen oder Ackerbohne); Leguminosen aber vertragen weder Düngung noch Herbizide gegen zweikeimblättrige Unkräuter. Hervorzuheben ist, dass Mischkulturssysteme trotz fehlender Düngung bzw. fehlendem Pflanzenschutz höhere Erträge erzielen können, als man aus der Kombination der zugrundeliegenden Reinkulturen erwarten würde (sogenanntes *overyielding*; Li et al. 2023). Eine Mischkultur kann also höhere Erträge bei niedrigerem Pflanzenschutz erzielen, und außerdem mehr Biodiversität fördern

(Brandmeier et al. 2021, 2023; Abbildung 4). Außerdem liefert sie oftmals eine höhere Ertragsstabilität (Raseduzzaman & Jensen 2017) – was in Zeiten schwankender Ernten ein weiterer Vorteil ist.

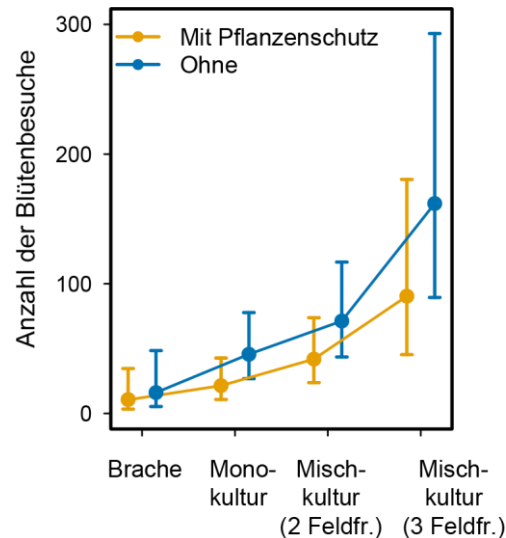


Abb. 4: Anzahl blütenbesuchender Insekten in Brachen, Mono- und Mischkulturen mit (orange) und ohne (blau) Pflanzenschutz. Ergebnisse aus einem Mischfrucht-Anbauversuch im Rahmen des EU-Projektes „DIVERSify“. Nach Brandmeier et al. (2023). Fehlerbalken zeigen 95% Konfidenzintervalle aus generalized linear mixed effects-Modellen.

Ausblick

Die vorgestellten Projekte und Forschungsansätze sind sicher nur ein Anfang – wenn auch ein später Anfang. Denkt man zurück an den Bericht des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) aus dem Jahr 1985, so sind die Hauptproblemfelder der landwirtschaftlichen Intensivierung und der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln schon lange bekannt. Viele ehemals häufige Pflanzenarten, wie die Kornblume (*Centaurea cyanus*) oder der Frauenspiegel (*Legousia speculum-veneris*) sind inzwischen Seltenheiten – und auch in der Vogelwelt erleben wir Verluste bei Vögeln der Agrarlandschaft wie Feldlerche, Kiebitz und Großem Brachvogel. Dass nun, nach Jahrzehnten der Intensivierung und des Verschwindens von Feldrainen wirklich Veränderungen nötig sind, haben inzwischen alle Akteursgruppen verstanden. Die Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften und insbesondere die Diversifizierung von Anbausystemen durch Mischfruchtanbau und bunte Fruchtfolgen sind inzwischen als Ansätze erkannt worden, bei denen Ertrag und Biodiversität gleichermaßen erhalten bleiben können. Nicht zuletzt lassen sich durch Diversifizierung in der Landwirtschaft sogar positive Effekte auf Ökonomie und das menschliche Wohlergehen nachweisen, wie wir in einer ebenfalls kürzlich erschienenen Studie in „Science“ zeigen konnten (Rasmussen et al. 2024). Es gibt also tatsächlich Alternativen zur „chemischen Keule“, bei denen Ökologie und Ökonomie gleichermaßen berücksichtigt werden können. Die Biodiversitätsforschung hat letztlich gezeigt, dass vielfältige Anbausysteme und Artenreichtum in der Agrarlandschaft ökonomisch sinnvoll sein können, und

dass innovative Anbausysteme fast automatisch zu einem reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln führen können. Was nun noch fehlt, ist ein umfangreiches Forschungsprogramm für Mischkulturen und Paarungen von Nutzpflanzen, beispielsweise in der Züchtungsforschung, die bislang auf die Optimierung einzelner Sorten ausgelegt war. Im Sinne von Kuhn (1962) wäre dies die Basis für ein umfangreiches Forschungsprogramm für angehende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Danksagung

Wir danken den Technischen Mitarbeiterinnen und –mitarbeitern der Forschungsprojekte sowie Jana Brandmeier für die Bereitstellung von Daten des DIVERSify-Projektes. Das FlowerBeet-Projekt wird gefördert von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung im Rahmen des Förderprogramms „Forschung für Innovationen in der Agrarwirtschaft“ unter der Geschäftsnummer 964047. Das DIVERSify-Projekt wurde gefördert von der Europäischen Union unter dem Horizont 2020-Forschungsprogramm (Grant Agreement Nr. 727284). Das FINKA-Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz und dem Bundesamt für Naturschutz im Rahmen des Aktionsprogramms Biologische Vielfalt (Förderkennzeichen 3519685D23).

Literatur

- BfN (2017) Agrar-Report 2017. Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 68 Seiten
- Brandmeier J, Reininghaus H, Pappagallo S, Karley AJ, Kiaer LP, Scherber C (2021) Intercropping in high input agriculture supports arthropod diversity without risking significant yield losses. *Basic and Applied Ecology* 53:26-38. DOI: 10.1016/j.baae.2021.02.011
- Brandmeier J, Reininghaus H, Scherber C (2023) Multispecies crop mixtures increase insect biodiversity in an intercropping experiment. *Ecological Solutions and Evidence* 4:e12267. DOI: 10.1002/2688-8319.12267
- Geiger F *et al.* (2010) Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11:97-105. DOI: 10.1016/j.baae.2009.12.001
- IVA (2018) Biodiversität in der Landwirtschaft – Die Position des Industrieverbands Agrar e.V., Industrieverband Agrar, Frankfurt am Main, September 2018, 7 Seiten.
- Kuhn T (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Li C *et al.* (2023) The productive performance of intercropping. *Proc Natl Acad Sci USA* 120:e2201886120. DOI: 10.1073/pnas.2201886120
- Mäder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U (2002) Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697
- Meyer M, Ott D, Gotze P, Koch HJ, Scherber C (2019) Crop identity and memory effects on aboveground arthropods in a long-term crop rotation experiment. *Ecology and Evolution* 9:7307-7323. DOI: 10.1002/ece3.5302
- Orr, D (2009) *Biological Control and Integrated Pest Management*. In: Peshin R, Dhawan AK, *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*. Springer Netherlands, Dordrecht, S. 207-239.
- Raseduzzaman M, Jensen ES (2017) Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy* 91:25-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009>
- Rasmussen PE, Goulding KWT, Brown JR, Grace PR, Janzen HH, Korschens M (1998) Long-term agroecosystem experiments: assessing agricultural sustainability and global change. *Science* 282:893-896. DOI: 10.1126/science.282.5390.893
- Scherber C *et al.* (2010) Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* 468:553-556. DOI: 10.1038/nature09492
- SRU (1985) *Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltprobleme der Landwirtschaft*. Sondergutachten März 1985. W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz, 436 Seiten.
- Wan N-F *et al.* (2025) Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nature Communications* 16:1360. DOI: 10.1038/s41467-025-56732-x

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Christoph Scherber
Leibniz-Institut zur Analyse des Biodiversitätswandels
Adenauerallee 127
53113 Bonn
Tel.: 0228-9122-450
Email: C.Scherber@leibniz-lib.de