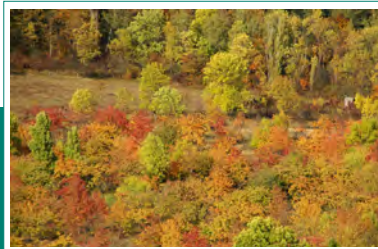




**Globale Pflanzenmerkmale
– eine Biodiversitätsdatenbank für
die Erdsystemforschung**



Zusammenfassung

Die Eigenschaften der Lebewesen definieren, wie sie mit ihrer Umwelt interagieren und bilden somit eine wesentliche Grundlage für die ökologische Forschung. Am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena werden in der TRY-Initiative weltweit erhobene Daten zu Pflanzeigenschaften in einer globalen Datenbank zusammengefasst, konsolidiert und für die Wissenschaft zur Verfügung gestellt. Die verbesserte Verfügbarkeit dieser Daten unterstützt einen Paradigmenwechsel von art- zu merkmalsbasierter Ökologie und erweitert die Erdsystemforschung um Aspekte der Biodiversität.

Summary

The traits of living organisms define their interaction with the environment and are an essential basis of ecological research. At the Max Planck Institute for Biogeochemistry in Jena the TRY initiative has united and consolidated worldwide collections of plant traits in a global database and makes them available for further research. The improved usage of plant trait data is expected to promote a paradigm shift from species- to trait-based ecology. Moreover, it facilitates accounting for biodiversity aspects in Earth system sciences.

Die Bedeutung von Pflanzenmerkmalen für die Biodiversitäts- und Erdsystemforschung

Unsere Umwelt wird von Lebewesen geprägt. Die globalen biogeochemischen Stoffkreisläufe von Wasser, Kohlenstoff oder Stickstoff werden zwar durch abiotische Faktoren angetrieben, aber zentrale Prozesse wie Transpiration, Photosynthese, Atmung oder auch Stickstofffixierung beruhen auf der Aktivität lebender Organismen – insbesondere von Pflanzen und Mikroorganismen. Gleichzeitig sind die Lebewesen stark betroffen von den Veränderungen der Umwelt. Die funktionellen Eigenschaften von Lebewesen zu kennen, ist somit eine wesentliche Grundlage, um die Zusammenhänge in der Ökologie zu verstehen.

In Bezug auf Pflanzen können je nach Prozess verschiedene Eigenschaften relevant sein, z. B. die maximale Wuchshöhe und Wurzeltiefe einer Art, das Gewicht der Samen, die Größe und Photosyntheseleistung der Blätter, Frosthärte oder auch die Blütenfarbe. Diese Einzelinformationen werden an einer Vielzahl von Institutionen weltweit erhoben und gespeichert, waren aber bislang für übergreifende wissenschaftliche Analysen schlecht oder gar nicht zugänglich. Diese Einschränkung hatte Konsequenzen für die Forschung. So konzentrierte sich die Biodiversitätsforschung vornehmlich auf den Einfluss von Arten ohne deren Eigenschaf-

ten zu berücksichtigen, z. B. die Anzahl verschiedener Arten, die gemeinsam in einem Gebiet vorkommen oder die Bedeutung einzelner Arten für die Funktionen von Ökosystemen. In der noch stärker übergreifenden Erdsystemforschung spielte die Vielfalt der lebenden Organismen und ihrer Eigenschaften bislang kaum eine Rolle.

Am Max-Planck-Institut für Biogeochemie werden daher seit 2007, in Zusammenarbeit mit den internationalen Netzwerken International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) und DIVERSITAS, weltweit gesammelte Pflanzenmerkmale in der globalen Datenbank – TRY - zusammengefasst und konsolidiert sowie für wissenschaftliche Analysen zugänglich gemacht [1, 2].

TRY – eine globale Datenbank von Pflanzenmerkmalen

Das Konzept der TRY-Initiative beruht auf zwei Grundprinzipien: Zum einen bleiben die Daten, die der Initiative zur Verfügung gestellt werden, geistiges Eigentum derjenigen, die die Daten erhoben haben. Zum anderen wurde zunächst ein „give-and-take“-System etabliert: diejenigen, die Daten beisteuern, können andere Daten aus TRY erhalten. Mit diesem Konzept konnte die Initiative das Vertrauen weiterer Teile der ökologischen Forschergemeinschaft gewinnen, so dass bislang über 200 internationale Arbeitsgruppen ihre Datensätze zur TRY-Initiative beigesteuert

haben. Mit 4,7 Millionen Einträgen für 95.000 der weltweit insgesamt etwa 350.000 Pflanzenarten ist dadurch eine in ihrer Art beispiellose Datenbank entstanden, deren Umfang erstmals den Blick auf globale Muster und Prozesse erlaubt. Aus den vielen verschiedenen Mosaiksteinchen der Einzeldatensätze entsteht durch TRY ein detailliertes Gesamtbild der Verteilung von Pflanzeigenschaften auf unserem Planeten. Botanische Information wird auf diese Weise für die Erdsystemforschung und die globale Ökologie nutzbar gemacht.

Nach sechs Jahren Entwicklung am Max-Planck-Institut für Biogeochemie hat sich die TRY-Initiative fest etabliert: 746 Wissenschaftler weltweit sind als Partner beteiligt. Seit 2009 stellt TRY die aufbereiteten Daten der Forschergemeinschaft zur Verfügung und ist derzeit in über 200 wissenschaftliche internationale Projekte eingebunden (Abb. 1). Die TRY-Initiative bildet seit 2013 die Grundlage für die Förderung der eigenständigen Forschergruppe Func-

tional Biogeography am Max-Planck-Institut für Biogeochemie, die gemeinsam mit Max-Planck Fellow Prof. Dr. Christian Wirth (Universität Leipzig) geleitet wird. Die TRY-Datenbank wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in das Verzeichnis der relevanten Forschungsdatenbanken aufgenommen und bildet eine Grundlage des 2012 gegründeten Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig. Das TRY-Projekt dient als Vorbild für die Entwicklung ähnlicher Strukturen in anderen Forschungsbereichen, z. B. für das Europäische Vegetations-Archiv (EVA).

Die Vielzahl der mit TRY assoziierten Projekte deutet darauf hin, dass die verbesserte Verfügbarkeit von Daten zu Pflanzeigenschaften einen Paradigmenwechsel von art- zu merkmalsbasierter Ökologie unterstützt. Auffällig ist der starke Zuspruch, den das Projekt aus dem Bereich der Erdsystemforschung erfährt. TRY ermöglicht es erst-

mals, Biodiversität in Erdsystemmodellen abzubilden. Im Folgenden werden drei Arbeiten vorgestellt, in denen Daten der TRY-Initiative zur Weiterentwicklung von Erdsystemmodellen beitragen.

(1) Die Verfügbarkeit von Stickstoff und Phosphor begrenzt den CO₂-Düngeeffekt

Das MPI-Erdsystemmodell (MPI-ESM), das am Max-Planck-Institut für Meteorologie entwickelt wurde, beschreibt den globalen Haushalt von Energie, Wasser und Kohlenstoff. Mineralische Pflanzennährstoffe wie Stickstoff und Phosphor sind in diesem Modell ursprünglich nicht berücksichtigt. Dies führte dazu, dass positive Effekte einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration auf das Pflanzenwachstum (CO₂-Düngeeffekt) potenziell überschätzt wurden, da die Begrenzung des Wachstums durch die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen nicht einbezogen wurde. Um den Einfluss der wichtigsten Nährstoffe zu untersuchen, wurde daher der Haushalt von Stickstoff und Phosphor in das verbesserte Modell eingefügt. Die hierfür benötigten Daten zu Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in Pflanzen wurden von der TRY-Initiative zur Verfügung gestellt [3]. Das erweiterte MPI-ESM ist damit das weltweite erste Erdsystemmodell, das den Kreislauf beider Mineralstoffe berücksichtigt.

In Prognosen für das Jahr 2100 zeigt sich im verbesserten Modell, dass neben der Erhöhung der CO₂-Konzentration der Atmosphäre insbesondere der zu erwartende Klimawandel einen starken Einfluss auf den Nährstoffhaushalt der Vegetation hat: Während zum einen die steigende CO₂-Konzentration das Wachstum der Vegetation fördert und dadurch ihren Mineralstoffbedarf erhöht, beschleunigen steigende Temperaturen gleichzeitig den Abbau von abgestorbenem Pflanzenmaterial und verbessern somit die Freisetzung und Verfügbarkeit der Nährstoffe für neues Pflanzenwachstum. In der Bilanz zeigt das Modell allerdings, dass im Jahr 2100 in den meisten Regionen der Erde der CO₂-Düngeeffekt trotzdem durch die limitierte Verfügbarkeit von Stickstoff und Phosphor begrenzt sein wird (Abb. 2).

(2) Eine Berücksichtigung von einfachen Aspekten der Biodiversität verbessert die Vorhersage der globalen Vegetationsverteilung

Im MPI-Erdsystemmodell wachsen neun verschiedene Pflanzentypen um die Wette, die zusammen die globale Vegetationsverteilung ergeben. Diese Pflanzentypen unterscheiden sich im Modell durch ihre Parameterwerte, während alle Pflanzen des gleichen Typs die gleichen Parameterwerte besitzen. Auswertungen der TRY-Datenbank erlaubten nun die Anpassung der modellhaften Parameterwerte an die tat-

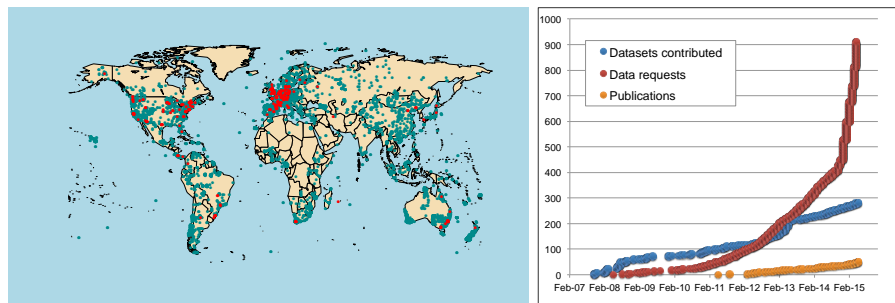


Abb. 1: Links: Weltweite Verteilung der Partner-Institute der TRY-Initiative (rot) und der Messstandorte (grün); rechts: Entwicklung der TRY-Initiative bzgl. Datenfluss und Publikationen.

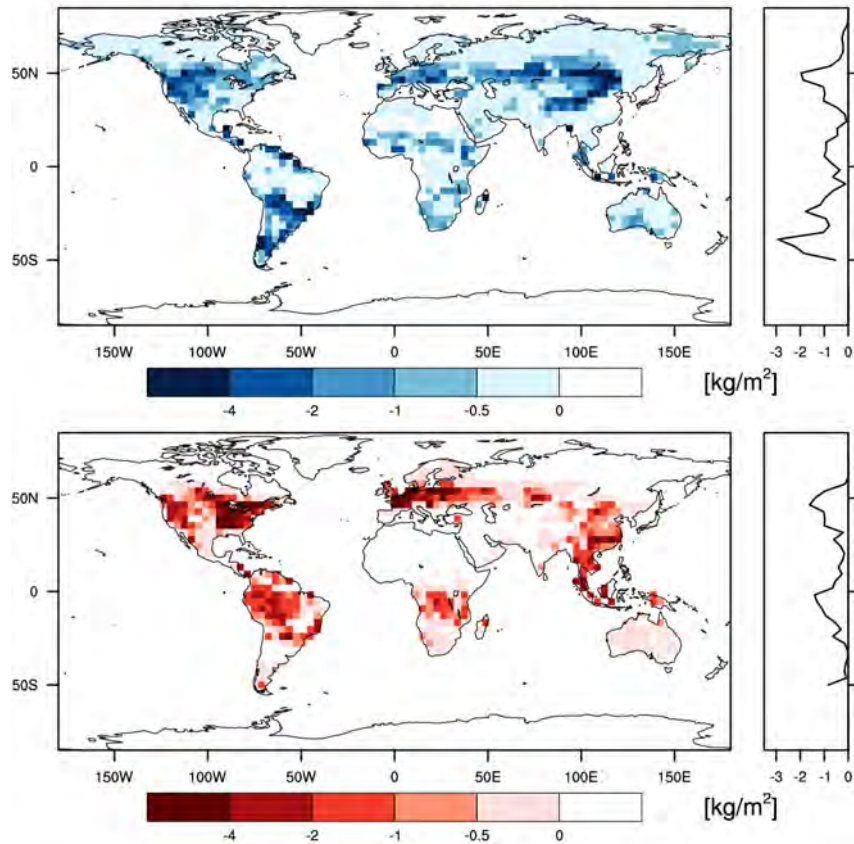


Abb. 2: Für das Jahr 2100 sagt das MPI-Erdsystemmodell voraus, dass bei steigender CO_2 -Konzentration und Temperaturerhöhung durch Klimawandel sowohl Stickstoff als auch Phosphor den CO_2 -Düngerwirkung in weiten Teilen der Erde begrenzen werden. Die Intensität der Farbe zeigt die Stärke der Limitation von Stickstoff (oben) und Phosphor (unten) in verschiedenen Regionen [3].

sächlichen Verhältnisse: So wurden zunächst die Werte für zwei Parameter des Erdsystemmodells (Blattfläche pro Blattgewicht, Photosynthesekapazität) durch die Mittelwerte der beobachteten Daten ersetzt, und im zweiten Schritt variabel an die entsprechenden Umweltbedingungen – Klima und Boden – angepasst. Letzteres spiegelt das plasti-

sche Verhalten wider, das allen Pflanzen zu Eigen ist. Die Ergebnisse dieser Simulationen zeigen zum einen, dass die Vegetationsverteilung im MPI-Erdsystemmodell sehr sensitiv auf die Plastizität der Parameter reagiert. Die statistische Auswertung zeigt außerdem, dass die Modellvariante mit plastischem Verhalten die größte Übereinstimmung

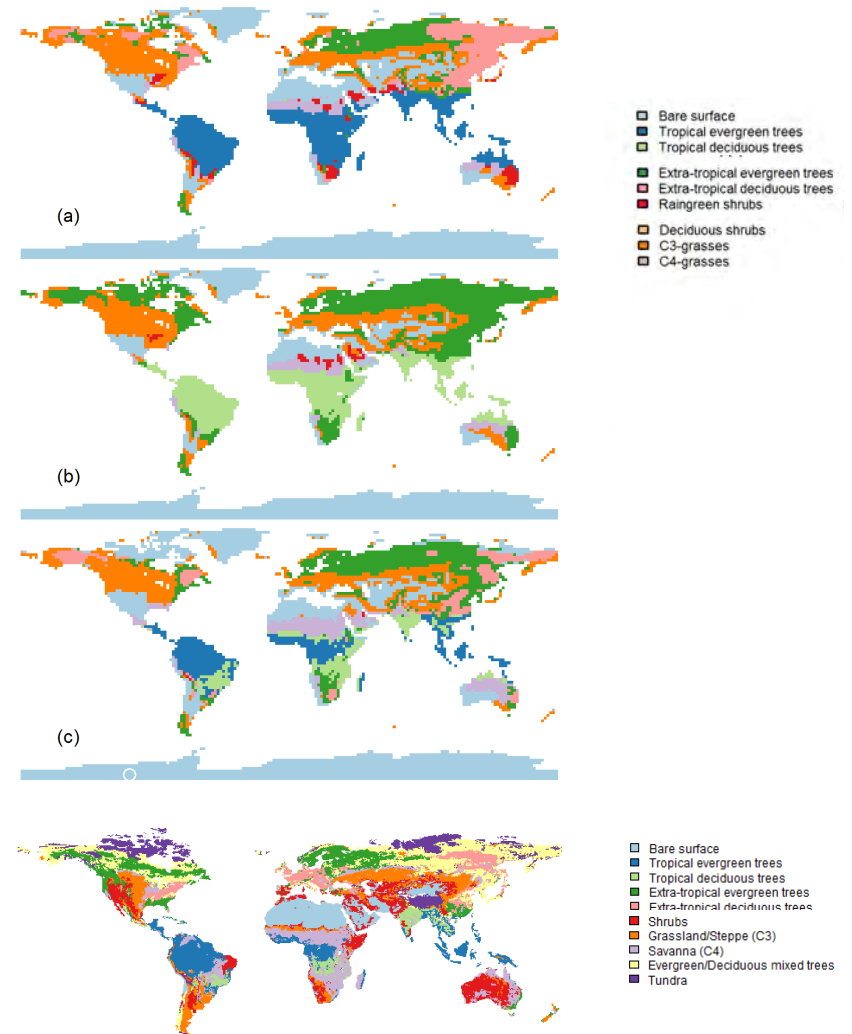


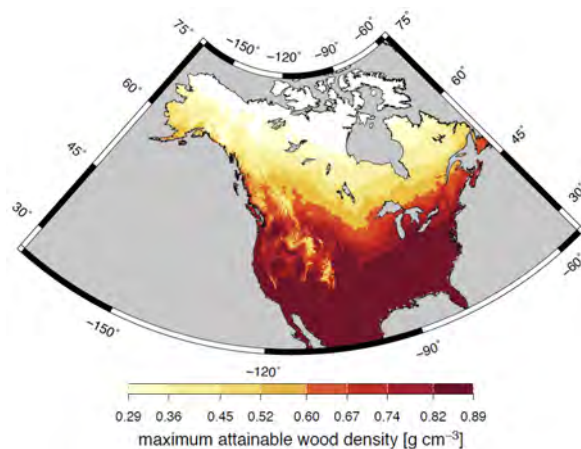
Abb. 3: Eine Berücksichtigung von einfachen Aspekten der Biodiversität verbessert die Vorhersage des MPI-Erdsystemmodells für die globale Verteilung der Vegetationsformen: (a) Standard-Modell, (b) Modellvariante mit mittleren beobachteten Parametern und (c) Modellvariante mit variablen Parametern. Zum Vergleich die beobachtete Vegetationsverteilung (d). Deutlich wird eine Verbesserung der berechneten Vegetationsverteilung auf dem afrikanischen Kontinent [4, 5].

mit der tatsächlich beobachteten Vegetationsverteilung aufweist [4, 5]. Erkennbar wird dies z. B. für die Vegetationsverteilung auf dem afrikanischen Kontinent (Abb. 3). Damit wurde gezeigt, dass detaillierte Daten zu Pflanzeigenschaften die Vegetationsparameter des Erdsystemmodells und damit dessen Vorhersagekraft verbessern.

(3) Karten maximaler Merkmalsvariabilität für die Validierung von Erdsystemmodellen

Die Abbildung von Biodiversität und deren biogeochemischen Rückkopplungen in Erdsystemmodellen ist ein hoch aktives Forschungsfeld. Neuere Ansätze verwenden Merkmalsverteilungen anstatt fester funktioneller Typen [6]. Kombiniert mit Klimadaten erlauben es solche Ansätze, eine Biogeographie der Merkmalsvariabilität zu etablieren: Ein laufendes Projekt in der

Abb. 4: Die Karte zeigt die Verteilung der Maximalwerte der Holzdichte Nordamerikanischer Wälder. Im Süden der USA können Baumarten hohe Holzdichten und damit eine hohe Variabilität dieses Merkmals erreichen. Im Norden der USA und in Kanada ist die Spanne deutlich eingeschränkt. Baumarten mit dichtem Holz kommen nicht vor. Die Holzdichte ist ein wichtiger Parameter in vielen globalen Vegetationsmodellen. [7]



Gruppe Functional Biogeography verwendet Verbreitungskarten der Baumarten des Nordamerikanischen Kontinents, umfangreiche Merkmalsdaten dieser Arten, sowie Klimakarten, um den Zusammenhang zwischen Klima und Merkmalsvariabilität zu analysieren. Mit dieser Studie konnte gezeigt werden, dass Bäume im Süden der USA ein weites Spektrum von Holzdichten und Samenmassen aufspannen, dass aber in nördlicheren Breiten Bäume mit dichtem Holz und schweren Samen fehlen (Abb. 4). Solche Karten werden benötigt, um die neue Generation von biodiversitätsbezogenen Erdsystemmodellen zu validieren und zu verbessern.

Perspektive: von der Datenbank zum Datenportal

Die Pilotstudien bestätigen den Nutzen der Pflanzenmerkmalsdaten, sie decken aber insbesondere auch Unsicherheiten durch fehlende Daten auf: So sind viele Prozesse im Stickstoff- und Phosphorhaushalt noch ungenügend quantifiziert und speziell für die Tropen fehlen Daten, um den Einfluss der Umwelt auf relevante Pflanzeigenschaften hinreichend zu bestimmen und in Modellparameter zu übersetzen. Die Aufgabe der TRY-Initiative muss also weiterhin darin bestehen, diese Art von Daten zusammenzutragen. Zusätzlich soll die Internetseite der TRY-Initiative zu einem Daten-Portal ausgebaut werden, das die TRY-Datenbank mit anderen Datenbanken, z. B. zu Klima, Boden oder zur Verbreitung von Pflanzenarten vernetzt, um die Informationen über Pflanzeigenschaften in geeigneter Weise für die Biodiversitäts-, Ökologie- und Erdsystemforschung zur Verfügung zu stellen.

Literaturhinweise

1. Kattge, J. et al., TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology* 17, 2905–2935 (2011)
2. Kattge, J.; Ogle, K.; Bönisch, G.; Diaz, S.; Lavorel, S.; Madin, J.; Nadrowski, K.; Nöllert, S.; Sartor, K.; Wirth, C. A generic structure for plant trait databases. *Methods in Ecology and Evolution* 2, 202-213 (2011)

3. Goll, D. S.; Brovkin, V.; Parida, B. R.; Reick, C. H.; Kattge, J.; Reich, P. B.; van Bodegom, P. M.; Niinemets, Ü. Nutrient limitation reduces land carbon uptake in simulations with a model of combined carbon, nitrogen and phosphorus cycling. *Biogeosciences* 9, 3547-3569 (2012)
4. Verheijen, L. M.; Brovkin, V.; Aerts, R.; Bönisch, G.; Cornelissen, J. H. C.; Kattge, J.; Reich, P. B.; Wright, I. J.; van Bodegom, P. M. Impacts of trait variation through observed trait-climate relationships on performance of a representative Earth System model: a conceptual analysis. *Biogeosciences* 10, 5497-5515 (2012)
5. Ramankutty, N.; Foley, J. A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* 13, 997-1027 (1999)
6. Scheiter, S.; Langan, L.; Higgins, S. I. Next generation dynamics global vegetation models: learning from community ecology. *New Phytologist* 198, 957-969 (2013)
7. Stahl, U.; Reu, B.; Wirth, Ch. Predicting species' range limits from functional traits for the tree flora of North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) special feature*, online veröffentlicht, 15. September 2014; doi: 10.1073/pnas.1300673111



Forschungsgruppe “Funktionale Biogeographie”

Die Arbeitsgruppe trägt dazu bei, die Vielfalt von Pflanzen und ihren Merkmalen zu beschreiben, um ihren Einfluss auf die Funktion von Ökosystemen besser zu verstehen. In diesem Kontext koordinieren wir die TRY Datenbank, eine Initiative der globalen Forschungsgemeinschaft mit dem Ziel, Pflanzenmerkmale global zusammenzutragen, die Daten zu konsolidieren und wiederum für die Forschung verfügbar zu machen. Auf der Basis dieser Daten versuchen wir, das globale Spektrum von Pflanzenform und -funktion zu charakterisieren, den Zusammenhang zu biogeochemischen Kreisläufen zu quantifizieren – und wie dies durch Änderungen des Klimas und der Landnutzung beeinflusst wird.



Gruppenleiter:
Dr. Jens Kattge

Tel.: +49 (0)3641 57-6226
E-Mail: jkattge@bgc-jena.mpg.de

Impressum

Text:
Dr. Jens Kattge, Prof. Dr. Christian Wirth
(Max-Planck Fellow, Universität Leipzig)

Herausgeber:
Max-Planck-Institut für Biogeochemie

Hans-Knöll-Straße 10
D-07745 Jena
Tel.: +49-(0)3641-5760
Fax: +49-(0)3641-5770

E-Mail: info@bgc-jena.mpg.de
Web: www.bgc-jena.mpg.de

Forschungskoordination & Presse:
Dr. Eberhard Fritz
Presse- & Öffentlichkeitsarbeit:
Susanne Héjja

Layout, Satz: Silvana Schott

Jena, 2015