REGIO BASILIENSIS 63/1 2022 S. 27-33

Wie wirkt sich der globale Wandel auf die Landnutzung aus? – Die neue Forschungsgruppe "Globale und Regionale Landnutzungsänderungen" stellt sich vor

Ruth Delzeit & Alena Schmidt

Zusammenfassung
Die Forschungsgruppe "Globale und Regionale Landnutzungsänderungen" hat zum Ziel, ineinandergreifende Prozesse des globalen Wandels und ihre Auswirkungen auf die knappe Ressource Land sowie mögliche Zielkonflikte bei der Nutzung von Biomasse zu verstehen. Der Beitrag stellt die Forschungsgruppe, die genutzten Methoden und zwei Beispiele aus der Forschung vor. Im ersten Beispiel wird der Prozess beschrieben, mit dem gemeinsam mit Interessensgruppen Bioökonomieszenarien entwickelt wurden, im zweiten Beispiel wird ein möglicher Zielkonflikt zwischen Nahrungssicherheit und Erhalt der Biodiversität erläutert.

1 Einleitung

Fruchtbares Land steht in einem Nutzungskonflikt. Es wird zur Herstellung von Nahrungsmitteln, Futtermitteln und von Biomasse für die Energiegewinnung verwendet und bietet Lebensraum für Pflanzen und Tiere (*Zabel* et al. 2019). Globale Trends wie der Klimawandel, die Ausdehnung von Siedlungsflächen, Degradierung von Böden, Bevölkerungsdynamiken und Änderungen von Konsumverhalten werden zukünftige Landnutzungskonflikte verstärken (*FAO & UNEP* 2021). Es ist daher wichtig, Eingriffe im Vorfeld abzuwägen und mögliche Nutzungskonflikte rechtzeitig zu erkennen, um sie zu entschärfen. Damit dieser Abwägungsprozess informiert ablaufen kann, ist es wichtig, Entscheidungsträgerinnen und -trägern Wissen über mögliche Entwicklungen und Einflüsse bereitzustellen.

Die Forschungsgruppe "Globale und regionale Landnutzungsänderungen" untersucht seit gut einem Jahr Fragen, wie sich Änderungen in politischen Rahmenbedingungen oder der globale Wandel (z. B. Einkommens- und Bevölkerungsänderungen, Konsumgewohnheiten, Klimawandel) auf die Nutzung von Landflächen auswirkt. Das Team ist noch klein, aber interdisziplinär zusammengesetzt.

Adresse der Autorinnen: Alena Schmidt, Department für Umweltwissenschaften, Klingelbergstr. 27, CH-4056 Basel; E-Mail: alena.schmidt@unibas.ch; Ruth Delzeit, Department für Umweltwissenschaften, Klingelbergstr. 27, CH-4056 Basel; E-Mail: ruth.delzeit@unibas.ch

Bei der Entwicklung von Vorschlägen für Lösung von Nutzungskonflikten ist das Verständnis der ineinandergreifenden Prozesse des globalen Wandels und ihre Auswirkungen auf die knappen Ressourcen Land unabdingbar. Ziel ist die Erarbeitung von verschiedenen Szenarien und die Entwicklung und Verbesserung von Modellen, um globale, aber auch lokale Auswirkungen des globalen Wandels und von Politikänderungen auf die Landnutzung besser zu verstehen.

Mögliche Szenarien und Instrumente können nicht alleine im Elfenbeinturm der Wissenschaft entstehen. Es ist nötig, dass bei der Entwicklung von Lösungsoptionen nicht nur interdisziplinär zusammengearbeitet wird, sondern dass auch die Zivilgesellschaft, Privatwirtschaft und Politik mit einbezogen werden. Dabei kommt transdisziplinärer Forschung eine wichtige Stellung zu, damit sowohl relevante Fragen untersucht werden, als auch realistische Szenarien entwickelt werden.

Bereits heute verwendet die Gruppe das globale Gleichgewichtsmodell (CGE) DART (*Delzeit* et al. 2021a). Das Modell wurde ursprünglich am Institut für Weltwirtschaft in Kiel in den 90er Jahren entwickelt, um Klimapolitiken zu analysieren (*Springer* 1998). Dabei wird die gesamte Weltwirtschaft abgebildet, wobei Wirtschaftszweige und Länder aus technischen Gründen zusammengefasst werden. Das Modell beruht auf der Annahme, dass für jede Region repräsentative Konsumenten ihren Nutzen maximieren, Produzenten ihren Gewinn. Dieses Verhalten wird durch Gleichungen abgebildet. Länder (bzw. die zum Teil zu "Weltregionen" zusammengefassten Volkswirtschaften) betreiben Handel miteinander, wobei Konsumenten und Produzenten abhängig davon, wie hoch die Preise sind, heimische oder importierte Güter nutzen.

Das Modell wurde um zwei Eigenschaften weiterentwickelt. Land ist ein sogenannter Produktionsfaktor. Zur Herstellung von beispielsweise Raps werden Landfläche, Arbeit, Kapitla und Vorleistungen (z. B. Düngemittel) genutzt. In der Modellerweiterung wird Land in unterschiedliche Typen unterteilt, so dass eine unterschiedliche Produktivität von Land (Ernte je Fläche) dargestellt werden kann. Die zweite Weiterentwicklung betrifft den Detailgrad von Wirtschaftszweigen. So wurden Wirtschaftszweige ergänzt, um komplexe Produktionsketten in der Land- und Energiewirtschaft abbilden zu können. Zum Beispiel beinhaltet das Modell den Biokraftstoff Biodiesel. Biodiesel wird aus Pflanzenölen wie Raps- oder Palmöl hergestellt. Bei der Produktion von Pflanzenölen entsteht auch Schrot, das in der Tierfütterung verwendet wird. Allerdings werden im Produktionsprozess je nach Ölsaat das Pflanzenöl und Schrot zu unterschiedlichen Anteilen hergestellt. Wenn also zum Beispiel die Nutzung von Biokraftstoffen staatlich gefördert wird, so wird automatisch nicht nur mehr Pflanzenöl, sondern auch Schrot hergestellt, so dass indirekt die Tierproduktion gefördert wird bzw. die Futtermittel günstiger werden.

Der Vorteil der Methode ist, dass sie Rückkopplungseffekte über verschiedene Länder und Sektoren hinweg aufzeigen kann (z. B. wie sich die Änderung der Bioenergieförderung auf die globalen Lebensmittelpreise auswirkt). Typischerweise werden CGE-Modelle für "Wenn-dann-Analysen" verwendet. Beispielsweise kann damit die Frage analysiert werden, wie sich die Produktion, die Preise und der Handel von Lebensmitteln ändern, wenn eine Steuer auf tierische Produkte in Europa eingeführt werden würden. Diese Modellierungen helfen politischen Entscheidungsträgerinnen und -trägern, fundierte Beschlüsse zu fassen, mögliche Zielkonflikte zu erkennen und Alternativszenarien ins Auge zu fassen.

Da das Modell den globalen Handel von Gütern abbildet, können damit auch Fragen zu physischen und virtuellen Umweltbelastungen untersucht werden. Da der Handel den Konsum und die Umweltwirkungen entkoppelt, sind mögliche Umweltbelastungen für den Konsumenten oft nicht zu erkennen.

Die Gruppe wird von Ruth Delzeit geleitet, welche an der Uni Bonn Geographie studiert und in Agrarwissenschaften doktoriert hat. Anschliessend arbeitete sie am Kiel Institut für Weltwirtschaft, wo sie zuletzt die Forschungsgruppe "Umwelt und natürliche Ressourcen" leitete. Alena Schmidt ist als Postdoc in der Gruppe. Sie hat an der ETH Zürich Umweltnaturwissenschaften stu-

diert, anschliessend für Agroscope in Tänikon gearbeitet und an der ETH Zürich doktoriert. Nach einem Forschungsaufenthalt an der Universität Wageningen (WUR) in den Niederlanden hat sie im August 2021an der Universität Basel begonnen. Sie beschäftigte sich mit der Evaluation von verschiedenen Agrarpolitiken mit Fokus auf die Nährstoffproblematik. Dadurch ist ihr Interesse an den Auswirkungen durch den Konsum und der Produktion von Fleisch entstanden, welches sie in ihrer Arbeit an der Universität Basel vertiefen möchte. In der Forschungsgruppe arbeiten aktuell zwei Doktorierende. Robin Argueyrolles hat an der Northumbria University, am University College Dublin und der Universität Tilburg Ökonomie studiert. Er forscht am Zusammenspiel der Subventionen von fossilen Brennstoffen und Biokraftstoffpolitiken und deren Auswirkungen auf die Landnutzung. Simone Markoff hat an der Schwedischen Agraruniversität (SLU) Tierwissenschaften in Uppsala und an der Humboldt Universität in Berlin Ressourcenmanagement studiert. Sie untersucht in Tansania mögliche Zielkonflikte zwischen der Agrarproduktion und dem Erhalt der Biodiversität. Die Gruppe wird in der Lehre von Nina Goldmann unterstützt.

Die Gruppe ist daran interessiert, die interdisziplinäre Zusammenarbeit weiter voranzutreiben und auszubauen. Bereits wird das DART-BIO-Modell mit einem Pflanzenwachstumsmodell gekoppelt. Auch in der Lehre setzt die Gruppe neue Akzente. So gibt es eine Einführungsvorlesung in die transdisziplinäre Forschung und eine Lehrveranstaltung zum Thema Politikevaluation, in der verschiedene Modelle angewandt werden. Neu wird Agrargeographie und Umweltökonomie gelehrt und ein Seminar zu den "Sustainable development goals" und den Auswirkungen auf die Landnutzung angeboten. Im Masterstudium konnten für eine Lehrveranstaltung verschiedene Experten für Landnutzung gewonnen werden, die ihre Artikel mit den Studierenden diskutieren und eine breite Übersicht in diesem Themenbereich liefern. Ausserdem können sich die Studierenden mit dem Zusammenspiel von Umwelt-, Landwirtschafts- und Energiepolitiken beschäftigen. – Im Folgenden wollen wir zwei Beispiele aus unserer Forschung näher vorstellen.

Co-Design von Szenarien zur Analyse der Auswirkungen von Bioökonomiepolitiken (basierend auf Delzeit *et al. 2021b)*

Fossile Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe innerhalb einer Bioökonomie zu ersetzen, wird von einigen Staaten als wichtiger Beitrag zum Klimaschutz gesehen. Eine Transformation hin zu einer Bioökonomie wird alle Mitglieder der Gesellschaft betreffen, so dass es fundamental ist, die Meinungen von verschiedenen Interessengruppen (Stakeholder) zu berücksichtigen, um eine sozial akzeptierte Transformation zu gewährleisten.

Transformationsforschung, die zur gleichen Zeit Wissenschafterinnen und Wissenschafter aus verschiedenen Disziplinen und Praxispartnerinnen und -partner involviert, hat sich als essenzielles Werkzeug entwickelt, um über nachhaltige Entwicklung (*Lang* et al. 2012, *Mauser* et al. 2013) und die "grand challenges" (*Reid* et al. 2010) zu forschen. Eine der grossen Herausforderungen ist die Reduktion von Treibhausgasemissionen durch das Vermeiden des Einsatzes von fossilen Brennstoffen. Das wird eine ökonomische und soziale Transformation von einer fossil- hin zu einer biomasse-basierten Ökonomie (Bioökonomie) voraussetzen. In einer Bioökonomie werden fossile Materialien durch "nachhaltig produzierte, nachwachsende Rohstoffe in der Form von Biomasse ersetzt" (*BMBF/BMEL* 2015). Zur Umsetzung dieser Transformation haben viele Länder Bioökonomiepolitiken implementiert, wie beispielsweise die Biokraftstoffpolitik der Europäischen Union (EU). Um mögliche Zielkonflikte bei der Transformation zu identifizieren und zu quantifizieren, wurden anhand eines partizipativen Co-Design-Ansatzes Zukunfts- und Politikszenarien entwickelt.

Dazu wurde zunächst ein Szenario-Team zusammengestellt. Dieses setzt sich aus den Forschenden aus verschiedenen Disziplinen zusammen sowie einem Szenario-Panel. Das Szenario-Panel besteht aus den teilnehmenden Interessengruppen mit Repräsentanten verschiedener

Industrien, Nicht-Regierungsorganisationen (NGOs), Ministerien und internationalen Organisationen. Das Szenario-Team fand zu zwei Workshops zusammen, bei denen zunächst wichtige Zielkonflikte, Politiken und Trends identifiziert wurden. Diese wurden in einem Zwischenschritt von den Forschenden genutzt, um einen Vorschlag für Narrative, also verbalisierte Szenarien und mögliche konkrete Annahmen für die Modelle zu erarbeiten. Dies wurde bei einem weiteren Workshop diskutiert, wobei das Szenario-Panel wertvolle Informationen ergänzte.

Am Ende des Co-Design-Prozesses entsteht eine Matrix-Struktur, bei der mögliche Entwicklungen der Welt mit möglichen Entwicklungen der Bioökonomiepolitiken kombiniert werden (siehe Abb. 1). Als mögliche Entwicklungen der Welt werden drei mögliche Zukünfte analysiert: eine Welt hin zur Nachhaltigkeit mit einer relativ strengen Umsetzung der aktuellen Klimapolitik; einer starken Abnahme des Konsums von tierischen Produkten, hohen Preisen fossiler Treibstoffe, keiner Ausdehnung von Agrarflächen und einem starken Anstieg von technischem Fortschritt im Agrarsektor. Dem gegenüber steht eine Welt hin zur Erschöpfung aller Ressourcen, bei der es keine Klimapolitik gibt und es wegen günstiger fossiler Energieträger zu hohen Treibhausgasemissionen kommt. Gleichzeitig steigt der Konsum von tierischen Produkten in Asien stark an, und die Agrarfläche kann überall ausgedehnt werden, was auf Kosten der Biodiversität gehen kann. Ein mittlerer Weg ist das Narrativ "Weiter wie bisher", wo Klimapolitik teilweise umgesetzt wird, es einen mittleren Anstieg des Konsums von tierischen Produkten gibt, mittlere Preise fossiler Treibstoffe und Agrarflächen sich dort ausdehnen können, wo es gesetzlich möglich ist.

Seitens der Bioökonomiepolitiken soll wiederum eine Fortschreibung der aktuellen Politik mit zwei gegensätzlichen Politiken verglichen werden: In einer Welt mit einer starken Unterstützung der Bioökonomie wird die Produktion von Biokraftstoffen weiter ansteigen. Zusätzlich wird nicht nur die Nutzung von Biomasse im Treibstoffsektor, sondern auch in z. B. der Chemie unterstützt. Im dritten Bioökonomieszenario gibt es keine staatliche Unterstützung der Bioökonomie.

Drivers	Towards Sustainability	Business as Usual	Towards resource depletion
Climate policies	Strong implementation (conditional INDC targets)	Partial implementation (unconditional INDC targets and EU-ETS)	No climate policies
Consumption of animal proteins	Strong decline in industrialised countries	Medium increase with rising incomes in all regions	Strong increase in Asian regions, strong increase in aquaculture fish
Fossil fuel prices	high	medium	low
Expansion of agricultural land	No cropland expansion	Yes, where legal	Yes, anywhere
Productivity growth rates in agriculture	high	medium	low

Abb. 1 Vorgeschlagene Narrative beim 2. Workshop, die sich aus fünf Treibern (links) zusammensetzen und drei mögliche zukünftige Entwicklungspfade darstellen. *Quelle: Delzeit et al. 2021b*

Schlussfolgernd lässt sich Folgendes festhalten: Der Bereich der Bioökonomie ist von grossen Unsicherheiten in Bezug auf die zukünftige Entwicklung geprägt, da technologische Innovationen und ihre Möglichkeit, zur Marktreife zu gelangen, unbekannt sind. Die Workshops unterstreichen die Notwendigkeit einer Szenarioanalyse, um mögliche Entwicklungspfade, mögliche Technologien und sozio-ökonomische Entwicklungen zu untersuchen. Die Kombination von Wissen der Interessengruppen und der Forschenden resultierte in neuen Erkenntnissen. Beispielsweise wurde seitens der Interessengruppen auf die Möglichkeit hingewiesen, dass ein starker Anstieg der Aquakultur zu Landnutzungskonflikten führen kann, weil die Tiere u. a. mit Soja gefüttert werden. Auf struktureller Ebene hat das Projekt gezeigt, dass es einen "Stakeholder-Burnout" vor allem seitens der NGOs gibt, die zeitgleich von verschiedenen transdisziplinären Forschungsvorhaben eingebunden wurden, dies jedoch zu einer zeitlichen Überforderung führte.

Biodiversität, Ernährungssicherheit und Klimaschutz: Analyse von Flächenkonkurrenzen (basierend auf Zabel *et al. 2019)*

Seit tausenden von Jahren haben Menschen die Erde bewirtschaftet, um ihre Bedürfnisse nach Nahrung, Bekleidung und Energie zu befriedigen. Heute dominieren Ackerflächen mit rund 38 Prozent der weltweiten Landoberfläche die Landnutzung. Expertinnen und Experten rechnen mit einem Anstieg der Nachfrage nach Agrarprodukten von etwa 70 bis 100 Prozent bis zum Jahr 2050 (*Kastner* et al. 2012; *Tilman* et al. 2011). Da die Produktion von Agrargütern zur Bildung von Einkommen und wirtschaftlicher Entwicklung beiträgt, wird davon ausgegangen, dass in den kommenden Jahrzehnten der Druck auf landwirtschaftliche Betriebe hoch bleiben wird (*Rueda & Lambin* 2014). Somit wird die Landwirtschaft die wichtigste Verursacherin von Biodiversitätsverlust bleiben – entweder durch eine Anbauflächenausdehnung oder durch eine Intensivierung des Anbaus (*Pereira* et al. 2012).

Im Rahmen eines interdisziplinären Projekts wurden die Kompromisse zwischen Ernährungssicherheit und Biodiversitätserhalt evaluiert, die sich aus den beiden Strategien zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion im Kontext der globalen Agrarmärkte ergeben haben (*Zabel* et al. 2019). Dabei wurde anhand des oben beschriebenen DART-BIO-Modells, eines Pflanzenwachstumsmodells und geografischer Informationssysteme in einer Szenarioanalyse bis 2030 unter Berücksichtigung des Klimawandels untersucht, welche Auswirkungen auf Agrarmärkte und Biodiversität sich entweder durch eine Anbauflächenausweitung oder eine Intensivierung des Anbaus auf bestehenden Flächen ergeben (Abb. 2).

In den Szenarien wurde zunächst im Expansionsszenario eine Ausdehnung der Anbauflächen von global 10 % angenommen. Dies führte zu einer Erhöhung der Produktion von Ackerfrüchten um 19 %. Zur Vergleichbarkeit beider Strategien zur Erhöhung der Agrarproduktion wurden im Intensivierungsszenario die Erträge so erhöht, dass die Produktion von Ackerfrüchten ebenfalls um 19 % anstieg. Bei beiden Szenarien wurde davon ausgegangen, dass die jeweiligen Steigerungen dort stattfinden, wo die Potentiale am grössten sind.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass unter beiden Szenarien weltweit positive Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit erzielt werden, auch in den Regionen, in denen der Produktionsanstieg gering ist. Das erklärt sich dadurch, dass über den Handel auf den globalen Agrarmärkten die Importregionen von sinkenden Lebensmittelpreisen profitieren, die sich aus dem allgemeinen Wachstum der Weltproduktion ergeben. Vergleicht man die räumlichen Auswirkungen der Szenarien, sind diese regional sehr unterschiedlich. Die Intensivierung verspricht in einigen Regionen der Tropen, vor allem in Indien und Sub-Sahara-Afrika, die höchsten Zuwächse bei der Ernährungssicherheit, während bei einer Expansion in Ländern in Süd- und Mittelamerika die grössten Zugewinne zu verzeichnen sind.

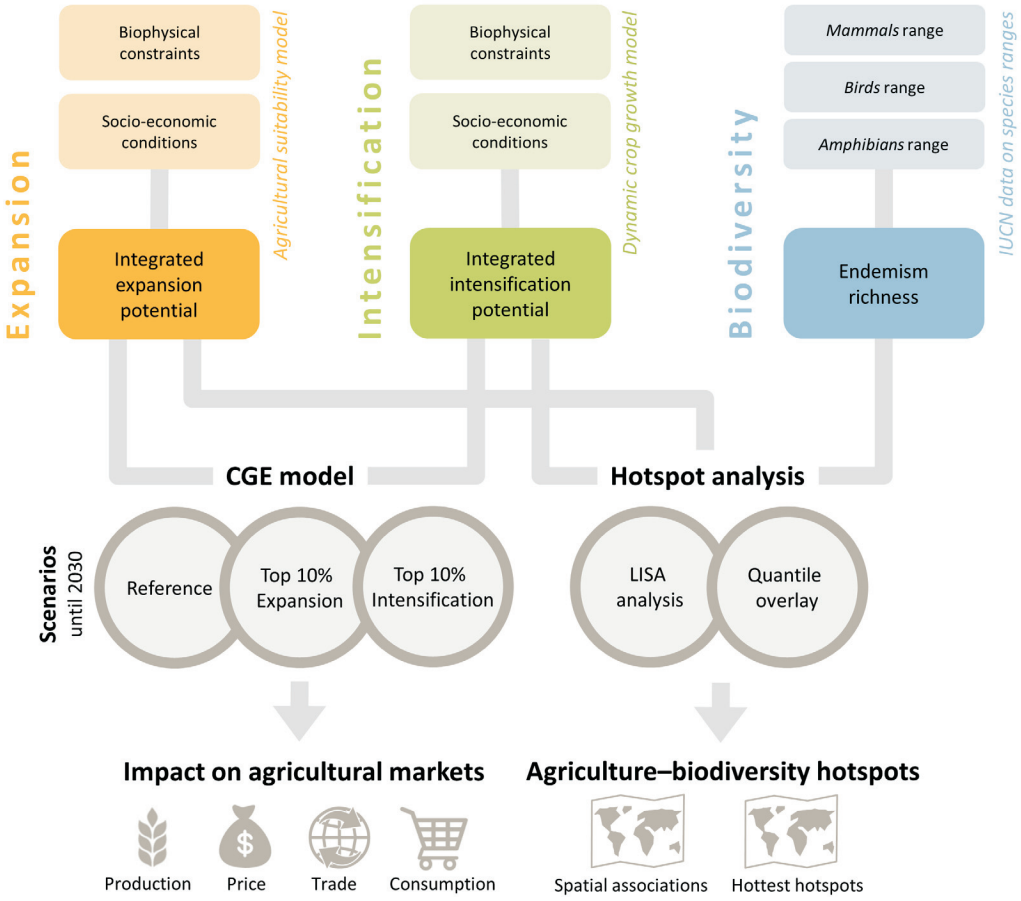

Abb. 2 Übersicht des Forschungsansatzes. *Quelle: Zabel et al. 2019*

Auch der Einfluss auf die Biodiversität stellt sich regional divers dar. Generell werden bei dem Expansionsszenario bei gleicher Nahrungsmittelproduktion global gesehen mehr Flächen betroffen. Das liegt daran, dass die besten 10 % der möglichen Expansionsflächen auch zu den 1.6 Millionen Quadratkilometern gehören, die sich durch eine hohe Biodiversität auszeichnen, während die besten 10 % der möglichen Intensivierungsflächen nur rund 0.133 Millionen Quadratkilometer mit hoher Biodiversität aufweisen. Dabei sind bei der Expansion Regionen in Mittel- und Südamerika betroffen, bei der Intensivierung des Anbaus vor allem Flächen in Sub-Sahara-Afrika (siehe Abb. 3).

Eine Gesamtschau der Ergebnisse zeigt, dass alle Regionen, einschliesslich Nordamerika und Europa, von sinkenden Nahrungsmitteln profitieren, die Bedrohung der Biodiversität aber vor allem in Entwicklungsländern in tropischen Regionen am grössten ist.

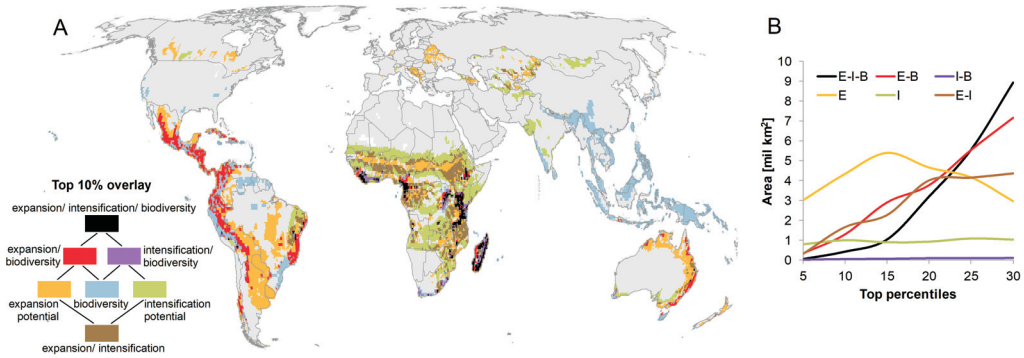

Abb. 3 Überschneidung der Top 10 % Flächen von Intensivierungs- Expansions- und Biodiversitätsflächen. A stellt die Überschneidungsflächen dar, während B die Sensitivität der Überschneidungsflächen basierend auf geänderten Annahmen der Perzentile zeigt. Dabei steht E für Expansion, I für Intensivierung und B für Biodiversität. *Quelle: Zabel et al. 2019*

Literatur

Delzeit R., Heimann T., Schuenemann F., Söder M., Zabel F. & Hosseini M. 2021a. Scenarios for an impact assessment of global bioeconomy strategies: Results from a co-design process. *Research in Globalization* 3, 100060.

Delzeit R., Heimann T., Schünemann F. & Söder M. 2021b. DART-BIO: A technical description. *Kiel Working Paper* 2195. Online erhältlich: https://www.ifw-kiel.de/publications/kiel-working-papers/2021/dart-bio-a-technical-description-16550/ [Eingesehen am 10.03.22]

FAO & UNEP 2021. *Global assessment of soil pollution- summary for policy makers.* FAO. Rome, 1–846.

Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015. *Bioeconomy in Germany. Opportunities for a bio-based and sustainable future*. Online erhältlich: https://www.fona.de/medien/pdf/Bioeconomy_in_Germany.pdf [Eingesehen am 10.03.2022]

Kastner T., Rivas M.J.I., Koch W. & Nonhebel S. 2012. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 6868–6872.

Lang D.J., Wie kA., Bergmann M., Stauffacher M., Martens P., Moll P., Swilling M. & Thomas C.J. 2012. Transdisciplinary research in sustainability science – practice, principles, and challenges. *Sustainability Science* 7 (1): 25–43.

Mauser W., Klepper G., Rice M., Schmalzbauer B., Hackmann H., Leemans R. & Moore H. 2013. Transdisciplinary global change research: the co-creation of knowledge for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 420–431.

Pereira H. M., Navarro L. M. & Martins I. S. 2012. Global Biodiversity Change: The Bad, the Good, and the Unknown. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 25–50.

Rueda X., & Lambin E.F. 2014. The Evolving Sphere of Food Security. In R. L. Naylor (Ed.), *Global Agriculture and Land Use Changes in the Twenty-First Century*. Oxford, 320–342.

Springer K. 1998. The DART general equilibrium model: A technical description. *Kiel Working Papers* 883. Institute for the World Economy, Kiel.

Tilman D., Balzer C., Hill J. & Befort B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 20260–20264.

Zabel F., Delzeit R., Schneider J.M., Seppelt R., Mauser W. & Václavík T. 2019. Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. *Nature Communications* 10: 2844.