

Ständige Senatskommission Transformation von Agrar- und Ernährungssystemen (SKAE) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

Ständige Senatskommission Transformation von Agrar- und Ernährungssystemen (SKAE) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)



Positionspapier zur Förderung von stärker diversifizierten Anbausystemen in der deutschen Landwirtschaft

Zusammenfassung

Die pflanzlichen Anbausysteme in Deutschland sind derzeit durch einen hohen Grad an Spezialisierung und geringe Vielfalt gekennzeichnet. Eine stärkere Diversifizierung dieser Systeme ist ein zentraler Hebel, um die Anpassungsfähigkeit, Nachhaltigkeit und Krisenfestigkeit der deutschen Landwirtschaft zu erhöhen. Allerdings werden vielfältige Anbausysteme bislang nur begrenzt umgesetzt, trotz vorhandener politischer Zielsetzungen und zunehmender Forschungsaktivitäten.

Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Positionspapier sechs Themenfelder identifiziert, die für eine erfolgreiche Förderung der Diversifizierung von Anbausystemen von zentraler Bedeutung sind: (1) Eine auf Diversifizierung der Kulturarten angelegte Pflanzenzüchtung ist der Ausgangspunkt, da wettbewerbsfähige, standortangepasste Sorten für bislang wenig genutzte oder neue Kulturarten eine Voraussetzung für deren Anbau sind. (2) Integrierte Systeme, einschließlich der Einbindung mehrjähriger Kulturen und einer stärkeren Verknüpfung von Pflanzenbau und Nutztierhaltung, bieten Potenziale zur Verbesserung von Bodenfunktionen, Biodiversität und betrieblicher Stabilität. Diversifizierte Systeme können einen wichtigen Beitrag zu (3) Umwelt-, Ressourcen- und Klimaschutz leisten, etwa durch die Erhöhung der Biodiversität, effizientere Nährstoffnutzung, reduzierte Treibhausgasemissionen und erhöhte Kohlenstoffbindung. Darüber hinaus wird (4) die Resilienz von Agrar- und Ernährungssystemen durch diversifizierte Anbausysteme gestärkt, indem sie regionale Wertschöpfung fördern und Abhängigkeiten von einzelnen Kulturen oder globalen Märkten reduzieren. (5) Technische Innovationen und Digitalisierung eröffnen neue Möglichkeiten, komplexere Anbausysteme wirtschaftlich umzusetzen. Außerdem sind für den Erfolg diversifizierter Anbausysteme (6) Kosten-Nutzen-Analysen notwendig, um für unterschiedliche Standort- und Betriebssituationen ein angemessenes Maß an Diversifizierung zu bestimmen.

Insgesamt erfordert eine wirksame Strategie für mehr Vielfalt im Pflanzenbau inter- und transdisziplinäre, langfristige Forschungskonzepte, die alle Facetten der Diversifizierung betrachten und die damit verbundenen Herausforderungen und Zielkonflikte berücksichtigen. Entsprechende Förderformate sollten so gestaltet sein, dass sie bei der Untersuchung von Effekten diversifizierter Anbausysteme unterschiedliche Klima- und Bodenbedingungen in Deutschland berücksichtigen und wissensbasierte Entscheidungen ermöglichen.

Status Quo

Die derzeitigen pflanzlichen Anbausysteme in Deutschland sind stark spezialisiert, wenig vielfältig und zumeist abhängig von einem intensiven Einsatz an Betriebsmitteln.¹⁻³ Dies ist das Ergebnis einer Entwicklung, die in den letzten Jahrzehnten zu deutlichen Effizienzsteigerungen in der Produktion geführt hat, jedoch auch zunehmende Risiken birgt wie eine geringere Anpassungsfähigkeit an sich ändernde klimatische Verhältnisse, den Rückgang der biologischen Vielfalt sowie eine wachsende Abhängigkeit von Betriebsmitteln und globalen Märkten.

Diversifizierung gilt daher als zentrale Strategie, um Anbausysteme resilienter, nachhaltiger und zukunftsfähiger zu gestalten. So unter-

Inhalt

Zusammenfassung

Status Quo

Barrieren, Wissenslücken und Forschungsbedarf

1. Züchtung für diversifizierte Systeme und neue Kulturen
2. Integrierte Systeme
3. Umwelt-, Ressourcen- und Klimaschutz
4. Resilienz
5. Technische Innovation und Digitalisierung
6. Kosten-Nutzen-Analyse

Fazit zum Forschungsbedarf

Quellen

Impressum

stützt der deutsche Strategieplan der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union die begonnene Transformation der bestehenden Agrar- und Ernährungssysteme hin zu nachhaltigeren und resilienteren Strukturen und prämiiert als freiwillige Maßnahme auch den Anbau vielfältiger Kulturen im Ackerbau. Gleichwohl werden entsprechende Strategien in der landwirtschaftlichen Praxis bislang nur unzureichend umgesetzt.

Box 1 | Diversifizierte Anbausysteme

Diversifizierte Anbausysteme werden als jede Art von landwirtschaftlicher Praxis definiert, die eine Erhöhung der Vielfalt von einjährigen oder mehrjährigen Kulturpflanzen auf genetischer oder Art-Ebene beinhaltet.⁵ Strategien zur Diversifizierung von Anbausystemen werden in die fünf Kategorien Fruchtfolgen, Deck- und Zwischenfrüchte, Agroforstwirtschaft, Mischkulturen und Sortenmischungen gruppiert.⁵ Die in diesem Positionspapier zusammengetragenen Informationen beziehen sich auf flächenhafte Anbauverfahren auf Betriebsebene. Diversifizierung im Bereich der Tierhaltung und -züchtung, urbanen Landwirtschaft, sowie Landwirtschaft in kontrollierten Umgebungen (z. B. Gewächshausanbau, vertikale Farmen, Aquaponik) werden nicht adressiert.

Mit diesem Positionspapier will die im Januar 2024 eingerichtete Ständige Senatskommission der DFG zur Transformation von Agrar- und Ernährungssystemen (SKAE) den derzeitigen Wissensstand zu den positiven Effekten diversifizierter ackerbaulicher Systeme darlegen sowie bestehende Hürden bei der Umsetzung in der Praxis und gleichzeitigen Forschungsbedarf aufzeigen.

Barrieren, Wissenslücken und Forschungsbedarf

Der Anbau vielfältiger Kulturen – sei es in Form von weiten Fruchtfolgen, als Mischkultur, Sortenmischung oder in Form eines Agroforstsystems (siehe Box 1) – bleibt in der landwirtschaftlichen Praxis auf Ebene der Betriebe in Deutschland bislang eher die Ausnahme. Gründe dafür sind unter anderem fehlende Rahmenbedingungen, wie die unzureichende Einbindung in bestehende Wertschöpfungsketten beziehungsweise die Verfügbarkeit neuer Wertschöpfungsketten sowie fehlendes Wissen und Unsicherheiten hinsichtlich der agronomischen und ökonomischen Folgen vielfältigerer Anbausysteme. Die begrenzte Verfügbarkeit entsprechender Gerätetechnik, das Fehlen kooperativer Modelle für betriebsübergreifende Diversifizierungsmaßnahmen sowie fehlende regionalspezifische Ansätze wie regionale Kulturartenwahl und Fruchtfolgegestaltung stellen weitere Hemmnisse dar. Darüber hinaus sind Diversifizierungsstrategien häufig mit hohen Investitionskosten auf Einzelbetriebsebene verbunden, denen keine klaren Marktperspektiven gegenüberstehen. Auch fehlen ausreichende finanzielle Anreizsysteme für die Anbaudiversifizierung. Die mit einer Umstellung des Produktionssystems verbundenen einzelbetrieblichen Risiken behindern daher den Transformationsprozess.

Auf Seiten der Forschung besteht – trotz zunehmender Aktivitäten in diesem Bereich⁴ – erheblicher Bedarf, die Leistungen und Potenziale diversifizierter Systeme systematisch zu untersuchen, beispielsweise mit Blick auf Ertragsicherheit und -stabilität, nötige Technikentwicklungen, ökologische Funktionen, Ressourceneffizienz, betriebswirtschaftliche Aspekte und gesellschaftliche Akzeptanz.⁵⁻⁷ Auch der Wandel der Ernährungsgewohnheiten hin zu einer stärker pflanzenbasierten Ernährung sowie die aufkommende bzw. steigende Nachfrage nach (neuen) Getreide-, Obst- und Gemüsekulturen wirft neue Fragen auf: Wie lassen sich alternative Kulturen wie Leguminosen sinnvoll integrieren? Wie lösen wir potenzielle Nutzungskonflikte zwischen Futter-, biobasierter Rohstoff- und Nahrungsmittelproduktion? Können als Folge des Klimawandels neue Kulturen berücksichtigt werden und wie lassen sich diese in Fruchtfolgen integrieren? Welche Effekte und Zusammenhänge sind auf Landschaftsebene zu erwarten? Forschung zu diesen und ähnlichen Fragestellungen kann klären, welche Rahmenbedingungen helfen, um bestehende Pfadabhängigkeiten aufzubrechen, Wissensdefizite sowie kulturelle Hürden zu meistern und Marktbarrieren zu überwinden. Die SKAE hat sechs Themenfelder identifiziert, die relevant sind, um die Diversifizierung von Anbausystemen stärker zu fördern:

1. Züchtung für diversifizierte Systeme und neue Kulturen

Viele Kulturarten, die für eine Diversifizierung eine wichtige Rolle spielen könnten (z. B. Leguminosen), wurden in der züchterischen und agronomischen Forschung der vergangenen Jahrzehnte tendenziell vernachlässigt.⁸ Unabhängig von der Art der Bewirtschaftung sind für alle Anbauverfahren Sorten mit einer hohen Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen sowie einer effizienten

Box 2 | Neue oder bislang wenig genutzte Kulturarten

Unter den **neuen oder bislang wenig genutzten Kulturarten**, deren Potenzial für Deutschland züchterisch stärker erschlossen werden sollte, finden sich regionale, alte Kulturarten (Einkorn, Emmer), neue Getreidearten (Sorghum), Pseudogetreide (Quinoa, Amaranth) und Körnerleguminosen (Kichererbse, Linse, Soja), die potenziell besser an den Klimawandel angepasst sind und für die es bereits durchaus einen Markt in Deutschland gibt. Auch eine Erweiterung der ackerbaulichen Nutzung in Richtung Ölfrüchte (Öllein, Mohn) und Feldgemüse (Rote Beete, Möhre, Süßkartoffel, Artischocke) kann zur Erweiterung der Fruchtfolgen, zur Ernährungssicherung und zu einer höheren Wertschöpfung beitragen. Ein großes Potenzial liegt außerdem in der verstärkten Integration perennierender Kulturarten in Fruchtfolgen wie beispielsweise Arznei- und Gewürzpflanzen, mehrjähriger Roggen, Klee gras, Luzerne, Zwischenweizengras, Miscanthus oder Durchwachsene Silphie.

Ressourcennutzung (Wasser, Nährstoffe) gefragt.⁹ Im Hinblick auf eine Diversifizierung der Anbausysteme besteht Nachholbedarf, um wettbewerbsfähige Sorten von denjenigen Kulturarten bereitstellen zu können, die z. B. für einen Anbau in Mischkultur geeignet sind.¹⁰ Darüber hinaus sollte das Potenzial neuer oder bislang wenig genutzter Kulturarten züchterisch stärker erschlossen werden (siehe Box 2). Diesbezüglich sollten auch Futterpflanzen oder Non-Food-Pflanzen eine stärkere Berücksichtigung finden. Es gilt also, Zuchtziele für geeignete Nutzpflanzen in diversifizierten Anbausystemen zu definieren und entsprechend relevante Eigenschaften unter Nutzung neuer Züchtungstechniken zu verbessern. Züchterischer Fortschritt ist damit ein wichtiger Baustein für eine zunehmende Diversifizierung unserer Anbausysteme. Nur wenn wettbewerbsfähige, standortangepasste Sorten verfügbar sind, entstehen für Landwirt*innen ökonomische Perspektiven, die entsprechenden Kulturen anzubauen.

2. Integrierte Systeme

Die Integration von perennierenden Kulturen in annuelle Anbausysteme kann hilfreich sein, um Klimaanpassung zu erreichen, Ökosystemfunktionen und -leistungen wiederherzustellen sowie die Bodengesundheit zu verbessern. Neben den vielfältigen Formen der Agroforstsysteme finden sich Beispiele für integrierte Anbausysteme im Futterbau, im Anbau von Pflanzen zur Biomasseproduktion für Energie und biobasierte Rohstoffe sowie in Sonderkulturen (siehe Box 2). Eine strategische und systemische Einbindung mehrjähriger Produktionssysteme in Betriebe und letztendlich in Agrarlandschaften kann helfen, negative Biodiversitäts- und Umweltauswirkungen der rein annualen Pflanzenproduktion abzumildern, da mehrjährige Kulturen für Bodenruhe sorgen und damit die Bodenbiologie und den Humusaufbau fördern^{11,12}, häufig Blütenstrahlen anbieten und zumeist einen geringeren Bedarf an Pflanzenschutz aufweisen. Zudem können sie über Bioporenbildung im Unterboden die Trockenstressresilienz auch nachfolgender annualer Kulturen steigern.¹³ Konzeptionelle Ansätze für eine solche integrative Landnutzung sowie Untersuchungen und Bewertungsmethoden zur Abschätzung des Potenzials für einen solchen Landnutzungswandel in Europa liegen vor.¹⁴⁻¹⁷

Auch eine stärkere Integration der Nutztierhaltung in bislang eher spezialisierte Ackerbaubetriebe bietet auf Ebene eines Betriebes zahlreiche Möglichkeiten der Diversifizierung. Ein breiteres Spektrum an Feldfrüchten kann eine kontinuierliche und qualitativ bessere Basis für die Fütterung von Nutztieren bieten, Futterengpässe reduzieren sowie die Tierernährung absichern.¹⁸ Zudem kann Diversifizierung wirtschaftliche Vorteile für den Betrieb schaffen, da ein breiteres Produktspektrum, das z. B. zugleich Getreide, Gemüse, Fleisch und Milch abdeckt, zur Einkommenssicherung beiträgt. Berücksichtigt werden müssen arbeitswirtschaftliche Aspekte und die dahinterstehenden Liefer- und Wertschöpfungsketten. Zudem sind Fragen der zeitlichen Verfügbarkeit der Futterpflanzen und ihrer Toxizität, der Verdaulichkeit im Zusammenspiel mit dem genetischen Potenzial der Tiere und auch mögliche förderliche Effekte auf die Gesundheit von Mensch und Tier durch erweiterte Inhaltsstoffprofile sowie auf das Tierverhalten durch ein diversifiziertes Futterangebot von hoher Relevanz. Somit ist es erforderlich, Expertise aus dem Bereich der Nutztierwissenschaften intensiv einzubeziehen.

3. Umwelt-, Ressourcen- und Klimaschutz

Diversifizierte Anbausysteme bieten Chancen für eine ökologische Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion (siehe Box 3).^{19,20} Der Anbau verschiedener Kulturen oder die Integration von Begleitpflanzen kann eine vielversprechende Strategie sein, um die ober- und unterirdische Biodiversität zu erhöhen, die Boden- und Pflanzengesundheit zu verbessern und die Klimaresilienz (sowohl gegenüber Trockenheit als auch hinsichtlich Erosionsschutz bei Starkniederschlägen) zu fördern.²¹ Auch in den Bereichen Beikraut- und Schädlingsmanagement^{22,23}, Nährstoffkreisläufen und Gewässerqualität eröffnen sich damit neue Möglichkeiten.²⁴ Ein weiterer großer Vorteil diversifizierter Systeme kann die Verringerung der Lachgasemissionen aufgrund einer verbesserten Stickstoffnutzung und einer geringeren Abhängigkeit von synthetischen Düngemitteln sein. Die Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge spielt dabei eine wichtige Rolle und kann tendenziell zu niedrigeren Treibhausgasemissionen führen.²⁵ Diversifizierte Systeme, vor allem solche, in die mehrjährige Kulturen eingebunden sind, fördern zudem die Kohlenstoffbindung im Boden, da sie den organischen Kohlenstoffgehalt durch unterschiedliche Wurzelstrukturen, Ernterückstände und Deckfrüchte erhöhen. Allerdings

müssen auch mögliche Umweltfolgen des Anbaus neuer Kulturpflanzen unter anderem auf Wasserbedarf, Biodiversität, Pflanzenkrankheiten und Schädlinge sowie Bodenqualität berücksichtigt werden. Insgesamt hängen die Ergebnisse stark von den örtlichen Gegebenheiten ab, z. B. von Bodenart und Bodentyp, vom Klima, von der Auswahl der Kulturen und den Bewirtschaftungsmethoden.

4. Resilienz

Diversifizierte Anbausysteme sind nicht nur durch eine größere Krisenfestigkeit (Resilienz) gegenüber abiotischen (Klimawandel) und biotischen (Schaderregern) Stressoren gekennzeichnet, sondern tragen auch zu einer erhöhten Verfügbarkeit von ausreichend, regional erzeugten und qualitativ hochwertigen Nahrungs- und Futtermitteln bei. Damit erhöhen sie die Anpassungsfähigkeit der regionalen Agrar- und Ernährungssysteme an sich verändernde Rahmenbedingungen, die einen wichtigen Faktor für die Ernährungssicherheit und Krisenfestigkeit darstellt. Zwar lag der Selbstversorgungsgrad in Deutschland 2023 bei Grundnahrungsmitteln wie Getreide (104 Prozent) und Kartoffeln (153 Prozent) auf hohem Niveau, doch bei Obst (20 Prozent) und Gemüse (37 Prozent) besteht eine deutliche Importabhängigkeit.²⁶ Mehr als 60 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands werden für den Futtermittelanbau genutzt, davon ist knapp die Hälfte Grünland, der Rest Ackerland.²⁷ Laut der Eiweißbilanz der BLE²⁸ stammen 88 Prozent des Gesamtfuttermittelaufkommens (bezogen auf Rohprotein) aus dem Inland und werden im Wesentlichen aus Grünland und Raps sowie einem sehr geringen Anteil an heimischen Leguminosen gedeckt. Autarkie bei allen Kulturarten kann und sollte für die deutsche Landwirtschaft nicht das Ziel sein, denn der internationale Handel erfüllt wichtige Funktionen für eine global nachhaltige Entwicklung.²⁹ Dennoch zeigen jüngere Entwicklungen (z. B. internationale Konflikte, erratische Politik von Handelspartnern), dass internationale Wertschöpfungsketten nicht immer absolut verlässlich sind. Eine stärker diversifizierte und standortangepasste Produktion kann die Anpassungsfähigkeit der Agrar- und Ernährungssysteme erhöhen und dazu beitragen, Abhängigkeiten zu reduzieren, regionale Wertschöpfung im Land zu sichern und die Lebensmittelversorgung gegenüber potenziellen Krisen widerstandsfähiger zu machen.^{30,31}

5. Technische Innovation und Digitalisierung

Herkömmliche pflanzenbauliche Betriebe sind zumeist durch einen hohen Spezialisierungs- und Mechanisierungsgrad gekennzeichnet, welcher in Verbindung mit entsprechenden Schlaggrößen zu einer Effizienzsteigerung in der Bewirtschaftung geführt hat. Zugleich bieten die jüngsten technischen Entwicklungen im Bereich Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung von Systemen („Landwirtschaft 4.0“) enormes Potenzial im Hinblick auf eine Diversifizierung der Anbausysteme. So erlauben kleinere, autonom arbeitende Feldroboter eine teilschlagspezifische und zielgerichtete Bewirtschaftung („Spot Farming“) landwirtschaftlicher Nutzflächen.^{32,33} Beispielsweise ermöglichen diese Technologien neue räumliche Feldanordnungen auf heterogenen Böden (mosaikartig oder in Patches), selektive Unkraut- und Krankheitserregererkennung und -behandlung und eine echtzeitoptimierte, räumlich differenzierte Stickstoffdüngung.^{33–35} Grundsätzlich haben solche technologischen Entwicklungen ein großes Potenzial, um diversere Produktionssysteme mit kleineren Feldstrukturen und damit auch mehr Vielfalt in der Agrarlandschaft ökonomisch zu ermöglichen, was bislang mit den heute üblichen

Box 3 | Ökologische Intensivierung

Ökologische Intensivierung meint Produktions- und Qualitätssteigerung durch die gezielte Nutzung ökologischer Prozesse bzw. durch die geschickte und nachhaltige Einbindung natürlicher Regelmechanismen und vorhandener Ressourcen anstatt durch vermehrten Einsatz externer Inputs wie Mineraldünger oder Agrochemikalien.¹⁹ Eine Produktionssteigerung soll demnach nicht auf Kosten von anderen Ökosystemleistungen erfolgen, sondern diese gleichzeitig steigern. Anders als bei einer Extensivierung der landwirtschaftlichen Erzeugung durch Reduktion externer Inputs ohne gezielte öko-funktionelle Intensivierung ist Ertragssteigerung hier gleichwertiges Ziel. Ökologische Intensivierung ist damit ein Leitkonzept für die Transformation zu ökologisch und ökonomisch produktiven Agrar- und Ernährungssystemen.

Maschinengrößen nicht umsetzbar ist. In der deutschen Bevölkerung scheint es prinzipiell eine große Offenheit für den Einsatz von Robotik und anderen digitalen Technologien in der Landwirtschaft zu geben.³⁶ Hier gilt es, durch geeignete politische Rahmenbedingungen technologische Entwicklungen zu begleiten.

6. Kosten-Nutzen-Analyse

Diversifizierung sollte nicht dahingehend missverstanden werden, dass immer mehr Vielfalt automatisch zu immer größeren Vorteilen führt. In manchen Situationen können sich auch negative Effekte auf Produktivität und Effizienz ergeben.⁷ Der Anbau von vielen verschiedenen Kulturarten in einem Betrieb kann beispielsweise zu ineffizientem Management führen, wenn spezielle Technologien oder Wissensgrundlagen fehlen oder es zu zeitlichen Engpässen in den Betriebsabläufen kommt. Neue Kulturen benötigen entsprechende Verarbeitungs- und Vermarktungswege bzw. müssen vom Handel und von Konsumierenden nachgefragt werden. Im Hinblick auf Landschaftseffekte erfordert eine Diversifizierung des Weiteren, über die Betriebsgrenzen hinauszudenken und zum Beispiel kooperative Ansätze in der Fruchtfolgengestaltung bzw. der Gestaltung der Agrarlandschaft zur Förderung der Ökosystemleistungen zu verfolgen. Es muss also für spezifische Situationen das richtige Maß an Diversifizierung gefunden werden, welches sich durch neue technologische Entwicklungen verschieben kann. Neben der monetären Bewertung sollten auch nicht-marktbezogene positive Ökosystemdienstleistungen sowie ggf. auch negative Effekte („disservices“) bei der Beurteilung neuer Anbausysteme berücksichtigt werden.⁶

Fazit zum Forschungsbedarf

Um tragfähige Strategien für mehr Vielfalt im Anbau von Nutzpflanzen zu entwickeln, sind inter- sowie transdisziplinäre, langfristige Forschungskonzepte erforderlich, die züchterische, agronomische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte zusammenbringen.

Diese Forschung muss alle Facetten der Diversifizierung betrachten und auch die vielfältigen Herausforderungen für Agrarsysteme wie Ernährungssicherheit, Klimaanpassung sowie Erhaltung, Förderung und Nutzung der Biodiversität berücksichtigen. Sie muss Zielkonflikte analysieren, die Landschaftsebene einbinden und langfristig angelegt, das heißt zeitlich über Einzeljahresbeobachtungen hinaus skalierbar sein. Zudem sollten regionale Unterschiede in Standortbedingungen bis hin zu sozio-kulturellen Eigenheiten Berücksichtigung finden, gleichzeitig aber auch eine Integration regional ausgeprägter Lösungen in den größeren nationalen und europäischen Kontext betrachtet werden.

Witterung und Klima haben einen erheblichen Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktion, so dass kurzfristige Ergebnisse oft nicht repräsentativ sind. Zudem erfordern diverse und über mehrere Jahre angelegte Fruchtfolgen entsprechende Untersuchungszeiträume, um die langfristigen Wirkungen auf beispielsweise Humusaufbau, Nährstoffdynamik oder Ertrag umfassend beurteilen zu können. Weiterhin beeinflussen langfristige Pflanzenschutzstrategien oder Züchtungsergebnisse ganze Produktionssysteme und müssen unter realistischen Bedingungen getestet werden. Neue Forschungsansätze³⁷ und Methoden der Datenanalyse³⁸ (inklusive des Einsatzes Künstlicher Intelligenz), welche die komplexen Interaktionen in Raum und Zeit berücksichtigen, müssen daher weiterentwickelt und praxistauglich werden.³⁹ Gleiches gilt für neue digitale Technologien. Ihr enormes innovatives Potenzial umzusetzen, erfordert gleichzeitig institutionelle Reformen, passende Geschäftsmodelle, laufende Folgenabschätzung und adaptive Politiken.⁴⁰ Von großer Bedeutung sind darüber hinaus verstärkte Züchtungsanstrengungen auch für kleinere Kulturen sowie eine Entwicklung entsprechender Wertschöpfungsketten. Somit bedarf es entsprechend inter- und transdisziplinärer, langfristiger Förderformate, die auch unterschiedliche Klima- und Bodenbedingungen in Deutschland berücksichtigen, um die Effekte der Diversifizierung von Anbausystemen zu untersuchen und wissenschaftliche Entscheidungen zu treffen.

Quellen

- Stein, S. & Steinmann, H.-H. Identifying crop rotation practice by the typification of crop sequence patterns for arable farming systems – A case study from Central Europe. *European Journal of Agronomy* **92**, 30–40 (2018).
- Niinemets, Ü. & Zobel, M. Ecological intensification index: reducing global footprint of agriculture. *Trends in Plant Science* **30**, 373–381 (2025).
- Jänicke, C., Goddard, A., Stein, S., Steinmann, H.-H. et al. Field-level land-use data reveal heterogeneous crop sequences with distinct regional differences in Germany. *European Journal of Agronomy* **141**, 126632 (2022).
- Hufnagel, J., Reckling, M. & Ewert, F. Diverse approaches to crop diversification in agricultural research. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **40**, 14 (2020).
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V. & Makowski, D. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology* **27**, 4697–4710 (2021).
- Alcon, F., Albaladejo-García, J.A., Martínez-García, V. et al. Cost benefit analysis of diversified farming systems across Europe: Incorporating non-market benefits of ecosystem services. *Science of The Total Environment* **912**, 169272 (2024).
- Sánchez, A. C., Kamau, H. N., Grazioli, F. & Jones, S. K. Financial profitability of diversified farming systems: A global meta-analysis. *Ecological Economics* **201**, 107595 (2022).
- Moore, V. M., Peters, T., Schlautman, B. & Brummer, E. C. Toward plant breeding for multicrop systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **120**, e2205792119 (2023).
- Voss-Fels, K. P., Stahl, A., Wittkopp, B., Lichthardt, C. et al. Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nature Plants* **5**, 706–714 (2019).
- Santamarina, C., Mathieu, L., Bitocchi, E., Pieri, A. et al. Agroecological genomics and participatory science: optimizing crop mixtures for agricultural diversification. *Trends in Plant Science* **30**, 1211–1225 (2025).
- Kautz, T., Lüsebrink, M., Pätzold, S., Vetterlein, D. et al. Contribution of anecic earthworms to biopore formation during cultivation of perennial ley crops. *Pedobiologia* **57**, 47–52 (2014).
- Hafner, S. & Kuzyakov, Y. Carbon input and partitioning in subsoil by chicory and alfalfa. *Plant and Soil* **406**, 29–42 (2016).
- Behrend, D., Athmann, M., Han, E., Küpper, P.M., Perkons, U. et al. Do biopores created by perennial fodder crops improve the growth of subsequent annual crops? A synthesis of multiple field experiments. *Field Crops Research* **322**, 109687 (2025).
- Dauber, J. & Miyake, S. To integrate or to segregate food crop and energy crop cultivation at the landscape scale? Perspectives on biodiversity conservation in agriculture in Europe. *Energy, Sustainability and Society* **6**, 25 (2016).
- Clifton-Brown, J., Hastings, A., von Cossel, M., Murphy-Bokern, D. et al. Perennial biomass cropping and use: Shaping the policy ecosystem in European countries. *Global Change Biology-Bioenergy* **15**, 538–558 (2023).
- Englund, O., Börjesson, P., Berndes, G., Scarlat, N. et al. Beneficial land use change: Strategic expansion of new biomass plantations can reduce environmental impacts from EU agriculture. *Global Environmental Change* **60**, 101990 (2020).
- Crews, T.E., Carton, W. & Olsson, L. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Global Sustainability* **1**, e11 (2018).
- Lee, M.A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of Plant Research* **131**, 641–654 (2018).
- Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T.P.M., Garibaldi, L.A. et al. Ecological Intensification: Bridging the Gap between Science and Practice. *Trends in Ecology & Evolution* **34**, 154–166 (2019).
- Wezel, A., Soboksa, G., McClelland, S., Delespesse, F. et al. The blurred boundaries of ecological, sustainable, and agroecological intensification: A review. *Agronomy for Sustainable Development* **35**, 1283–1295 (2015).
- Yang, X., Xiong, J., Du, T., Ju, X. et al. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nature Communications* **15**, 198 (2024).
- Zhang, Y., Bohan, D.A., Zhang, C., Cong, W.-F. et al. Crop diversity reduces pesticide use more efficiently with refined diversification strategies. *Communications Earth and Environment* **6**, 460 (2025).
- Jaworski, C.C., Thomine, E., Rusch, A., Lavoie, A.-V. et al. Crop diversification to promote arthropod pest management: A review. *Agriculture Communications* **1**, 100004 (2023).
- Hunt, N. D., Hill, J. D. & Liebman, M. Cropping system diversity effects on nutrient discharge, soil erosion, and agronomic performance. *Environmental Science and Technology* **53**, 1344–1352 (2019).
- Jensen, E.S., Peoples, M.B., Boddey, R.M., Gresshoff, P.M. et al. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **32**, 329–364 (2012).

26. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Der Selbstversorgungsgrad: Wie ist es um die Versorgung mit Lebensmitteln in Deutschland bestellt? www.landwirtschaft.de/wirtschaft/agrarmaerkte/markt-und-versorgung/der-selbstversorgungsgrad-wie-ist-es-in-deutschland-um-die-versorgung-mit-lebensmitteln-bestellt (2025). Zuletzt geprüft am 02.12.2025.
27. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Woher kommt das Futter für unsere Nutztiere? www.landwirtschaft.de/tier-und-pflanze/tier/nutztiere-allgemein/woher-kommt-das-futter-fuer-unsere-nutztiere (2024). Zuletzt geprüft am 02.12.2025.
28. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Eiweißbilanz: 88 Prozent der Eiweißversorgung durch heimische Futtermittel abgedeckt. www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/2025/250903_Eiweissbilanz.pdf?blob=publicationFile&v=2 (2025). Zuletzt geprüft am 02.12.2025.
29. Böhning-Gaese, K., Grethe, H., Arneth, A., Kastner, T. et al. Wie kann der internationale Agrarhandel zu Biodiversitätsschutz, Klimaschutz und Ernährungssicherung beitragen? Für eine kohärente Governance von Konsum, Produktion und Handel. *Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina* (2025).
30. Rasmussen, L.V., Grass, I., Mehrabi, Z., Smith, O.M. et al. Joint environmental and social benefits from diversified agriculture. *Science* **384**, 87–93 (2024).
31. Hertel, T., Elouafi, I., Tanticharoen, M. & Ewert, F. Diversification for enhanced food systems resilience. *Nature Food* **2**, 832–834 (2021).
32. Basso, B. & Antle, J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability* **3**, 254–256 (2020).
33. Storm, H., Seidel, S.J., Klingbeil, L., Ewert, F. et al. Research priorities to leverage smart digital technologies for sustainable crop production. *European Journal of Agronomy* **156**, 127178 (2024).
34. Daum, T. Farm robots: ecological utopia or dystopia? *Trends in Ecology & Evolution* **36**, 774–777 (2021).
35. Wegener, J.-K., Urso, L.-M., von Hörsten, D., Hegewald, H. et al. Spot farming – an alternative for future plant production. *Journal für Kulturpflanzen* **71**, 70–89 (2019).
36. Zeddies, H.H., Busch, G. & Qaim, M. Positive public attitudes towards agricultural robots. *Scientific Reports* **14**, 15607 (2024).
37. Evans, M. E. K., Adler, P. B., Angert, A. L., Dey, S. M. N. et al. Reconsidering space-for-time substitution in climate change ecology. *Nature Climate Change* **15**, 809–812 (2025).
38. Bowles, T.M., Mooshammer, M., Socolar, Y., Calderón, F. et al. Long-term evidence shows that crop-rotation diversification increases agricultural resilience to adverse growing conditions in North America. *One Earth* **2**, 284–293 (2020).
39. Davis, A.S., Hill, J.D., Chase, C.A., Johanns, A.M. et al. Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. *PLOS ONE* **7**, e47149 (2012).
40. Wuepper, D., Möhring, M., Cord, A.F., Meijide, A. et al. From technological fixes to systemic change: Vision-led innovation for Europe's crop farming systems. *Agricultural Systems* **233**, 104593 (2026).

Impressum

Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.

Kennedyallee 40 • 53175 Bonn
Telefon: +49 228 885-1
Telefax: +49 228 885-2777
postmaster@dfg.de
www.dfg.de

Zitiervorschlag: Deutsche Forschungsgemeinschaft | Ständige Senatskommission Transformation von Agrar- und Ernährungssystemen. (2026). Positionspapier zur Förderung von stärker diversifizierten Anbausystemen in der deutschen Landwirtschaft. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). <https://doi.org/10.5281/zenodo.18265758>

Alle Publikationen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor*innen, Herausgeber*innen und die DFG in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Dokument berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Der Text dieser Publikation wird unter der Lizenz Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0) veröffentlicht. Den vollständigen Lizenztext finden Sie unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>.



Coverfoto: Shutterstock / 5PH

Januar 2026

Ansprechpersonen in der DFG-Geschäftsstelle:

Dr. Paulin Wendler
Gruppe Lebenswissenschaften 1
Tel.: 0228/885-3155
E-Mail: paulin.wendler@dfg.de

Dr. Catherine Kistner
Gruppe Lebenswissenschaften 1
Tel.: 0228/885-2803
E-Mail: catherine.kistner@dfg.de

Stand: Januar 2026

DOI: 10.5281/zenodo.18265758

Ausgearbeitet von (in alphabetischer Reihenfolge):

Wulf Amelung (Universität Bonn), Miriam Athmann (Universität Kassel), Lutz Breuer (Universität Gießen), Jens Dauber (Thünen Institut), Knut Ehlers (Umweltbundesamt), Frank Ewert (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, ZALF), Peter Feindt (Humboldt-Universität Berlin), Ralf Kiese (Karlsruher Institut für Technologie, KIT), Ute Knierim (Universität Kassel), Sven König (Universität Gießen), Frank Ordon (Julius Kühn-Institut), Matin Qaim (Universität Bonn), Annette Reineke (Hochschule Geisenheim), Rod Snowdon (Universität Gießen), Nicole van Dam (Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, IGZ), Doris Vetterlein (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, UFZ), Christian Visscher (Tierärztliche Hochschule Hannover)