

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG

01/2020

Innovationspolitik für den Ökolandbau

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen
Umweltinnovationspolitik



UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 01/2020

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 14 1010

FB000113/ZW

Innovationspolitik für den Ökolandbau

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen
Umweltinnovationspolitik

von

Jens Clausen
Borderstep Institut, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
Stresemannstr. 128 – 130
10117 Berlin
service@bmu.bund.de
www.bmu.bund.de

 [umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit
Clayallee 323
14169 Berlin

Abschlussdatum:

Juli 2019

Redaktion:

Fachgebiet Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Dr. Frauke Eckermann

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1865-0538

Dessau-Roßlau, Juni 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Innovationspolitik für den Ökolandbau

Der ökologische Landbau wird in Deutschland in Zukunft eine höhere Bedeutung haben. Die Nachhaltigkeitsstrategie sieht vor, seine Fläche bis 2030 mindestens zu verdoppeln. Trotz nur geringer Mittelausstattung von max. 5% der Forschungsmittel im Agrarbereich steht schon heute die Forschung zum Ökolandbau in Deutschland international vergleichsweise gut da. Und die deutsche Landtechnikindustrie mit ihrem Produktionsvolumen von ca. 10 Mrd. € p.a. hat die Chance der weltweiten Technologieführerschaft bei einer Reihe von umweltfreundlichen Produkten. Zahlreiche Start-ups in der Agrartechnik versuchen, auch die Möglichkeiten der Digitalisierung zielgerichtet und verantwortungsbewusst für den Ökolandbau zu erschließen.

Um die ökologischen wie ökonomischen Potenziale des ökologischen Landbaus zu erschließen, bedarf es deutlich höherer Forschungsmittel sowie einer Strategie, mit der die einschlägigen Forschungskapazitäten sukzessive vergrößert werden. Mit Blick auf die besondere Komplexität der Methoden des Ökolandbaus sind auch Förderprogramme anzustreben, deren Laufzeit die üblichen drei Jahre übersteigt. Auch das besondere Problem der Teilnahme landwirtschaftlicher Erwerbsbetriebe an Forschungsprojekten ist zu lösen, da diese durch ihre Mitwirkung nicht wie andere Wirtschaftsunternehmen durch die spätere Vermarktung von neuen Produkten profitieren. In Modellregionen könnte die Umstellung eines großen Teils der landwirtschaftlichen Betriebe angereizt und erprobt und parallel dazu versucht werden, den Bio-Anteil im Lebensmittelabsatz fokussiert regional zu erhöhen

Abstract: Innovation policy for organic farming

Organic farming will become more important in Germany in the future. The German sustainability strategy envisages at least doubling the organic agricultural area by 2030. Despite only a small budget of max. 5% of research funds is invested in the organic sector, research on organic agriculture in Germany is already doing comparatively well internationally. And the German agricultural engineering industry, with a production volume of approx. 10 billion € p.a., has the chance of global technological leadership in a number of environmentally friendly products. Numerous start-ups in agricultural engineering are also trying to develop the possibilities of digitization in a targeted and responsible way for organic farming.

In order to tap the ecological and economic potential of organic farming, significantly higher research funds are needed, as well as a strategy to successively increase the relevant research capacities. In view of the particular complexity of organic farming methods, funding programs with a duration of more than three years should also be sought. The particular problem of the participation of organic agricultural farms in research projects must also be solved, as these do not benefit from the later marketing of new products through their participation like other commercial enterprises. In model regions, the conversion of a large part of agricultural operations could be stimulated and tested and, at the same time, an attempt could be made to increase the proportion of organic food sales in a focused regional manner.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Zusammenfassung.....	10
Summary	13
1 Problemsituation und politische Ziele.....	16
2 Akteure des Innovationssystems.....	21
2.1 Funktionale Akteure im landwirtschaftlichen Innovationssystem	22
2.2 Akteure in Wertschöpfungsketten des landwirtschaftlichen Innovationssystems	25
3 Instrumente der Innovationsförderung	31
3.1 Indirekte Innovationsförderung durch Gestaltung des Preisrahmens	31
3.2 Indirekte Innovationsförderung durch Ordnungsrecht	32
3.3 Gründungs- und Start-Up Förderung in der Agrarwirtschaft.....	33
3.4 F&E-Förderung im Kontext der Aktivitäten der Agrarwirtschaft	35
4 Stärken und Schwächen der Innovationsförderung für den Ökolandbau	40
4.1 Finanzielle Ressourcen für Innovationen in der ökologischen Landwirtschaft	40
4.2 Anforderungen der Komplexität des Ökolandbaus an Förderstrukturen.....	41
4.3 Grundlageninnovationen und Gründungen.....	43
4.4 Konkrete Forschungsthemen für Innovationen in der ökologische Landwirtschaft.....	43
5 Konsequenzen für eine Umweltinnovationspolitik	46
6 Quellenverzeichnis	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Der aktuelle Status der Überschreitung für sieben der neun planetaren Grenzen.....	16
Abbildung 2:	Bewertung der Leistungen der ökologischen Landwirtschaft im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft.....	18
Abbildung 3:	Eine konzeptionelle Darstellung des landwirtschaftlichen Innovationssystems	21
Abbildung 4:	Inlandsabsatz von Düngemitteln nach Nährstoffarten in Deutschland.....	27
Abbildung 5:	Erzeugerpreise im ökologischen und konventionellen Landbau	33
Abbildung 6:	Akteure des Innovationssystems Landwirtschaft nach politischer Ebene und Innovationsphasen	35
Abbildung 7:	Jährliche Investitionen deutscher Akteure in die Agrarforschung in Mio. €.....	36

Abkürzungsverzeichnis

BDP	Der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V.
BMEL	Bundesministerium für Ernährung & und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BÖLN	Bundesprogramm ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
BÖLW	Bund Ökologische Lebensmittel-wirtschaft
BVA	Bundesverband der Agrargewerblichen Wirtschaft
CO₂	Kohlendioxid
DAFA	Deutsche Agrarforschungsallianz
DBV	Deutscher Bauernverband e.V.
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
F&E	Forschung und Entwicklung
FLI	Friedrich-Löffler-Institut
GPS	globales Positionierungssystem
IVA	Industrieverband Agrar
JKI	Julius-Kühn-Institut
MRI	Max-Rubner-Institut
NH₃	Ammoniak
NO_x	Stickstoffoxide
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
SDG	Sustainable Development Goals (Ziele der nachhaltigen Entwicklung)

BDP	Der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V.
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
UFORDAT	Umweltforschungsdatenbank
UNO	Vereinte Nationen
VDL	Berufsverband Agrar, Ernährung, Umwelt e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
vTI	Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut
WBGU	Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

Zusammenfassung

Der Ökolandbau zeigt im Vergleich zum konventionellen Landbau eindeutige Vorteile bei den Leistungen zum Schutz von Boden und Grundwasser wie auch bei der Biodiversität und in der Ressourceneffizienz. Auch mit Blick auf die Änderung des Klimas ist die Resilienz und Anpassungsfähigkeit des Ökolandbaus als höher zu bewerten als die des konventionellen Landbaus (Sanders & Heß, 2019). Der Vergleich der Leistungen zum Klimaschutz ist dagegen nicht ganz eindeutig. Je nach Studie werden unterschiedliche Vergleiche gezogen (Treibhausgasemissionen pro Fläche oder pro Produkt) und die Schlussfolgerungen unterscheiden sich. Auf Grundlage der vorliegenden Meta-Studien kann von insgesamt gleichen ertragsskalierten Treibhausgasemissionen in der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft ausgegangen werden - sowohl im Pflanzenbau, als auch in der Tierhaltung. Eine aus Klimasicht eindeutige Vorteilhaftigkeit des konventionellen Landbaus ist aber weder in Pflanzenbau noch in der Tierhaltung zu erkennen.

Aus Sicht der Umweltpolitik und der Nachhaltigkeitsstrategie wäre daher eine konsequente Unterstützung und Förderung des Ökolandbaus wünschenswert. Die vorliegende Studie fokussiert die Innovationspolitik für den Ökolandbau daher aufgrund folgender Überlegung:

- Der Anteil der an die KonsumentInnen verkauften Öko-Lebensmittel soll als implizites Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie bis 2030 in die Größenordnung von 34% steigen.
- Der Flächenanteil des Ökolandbaus lag 2018 bei 9,1% (Umweltbundesamt, 2019) und soll als explizites Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie bis 2030 auf 20% steigen.
- Die eindeutig dem Ökolandbau zuzurechnenden Mittel für Forschung und Entwicklung belaufen sich aber abhängig von der Erhebungsmethode nur auf einen Anteil von 1,5% bis 5% der insgesamt für Forschung und Entwicklung im Agrarbereich aufgewendeten Mittel.

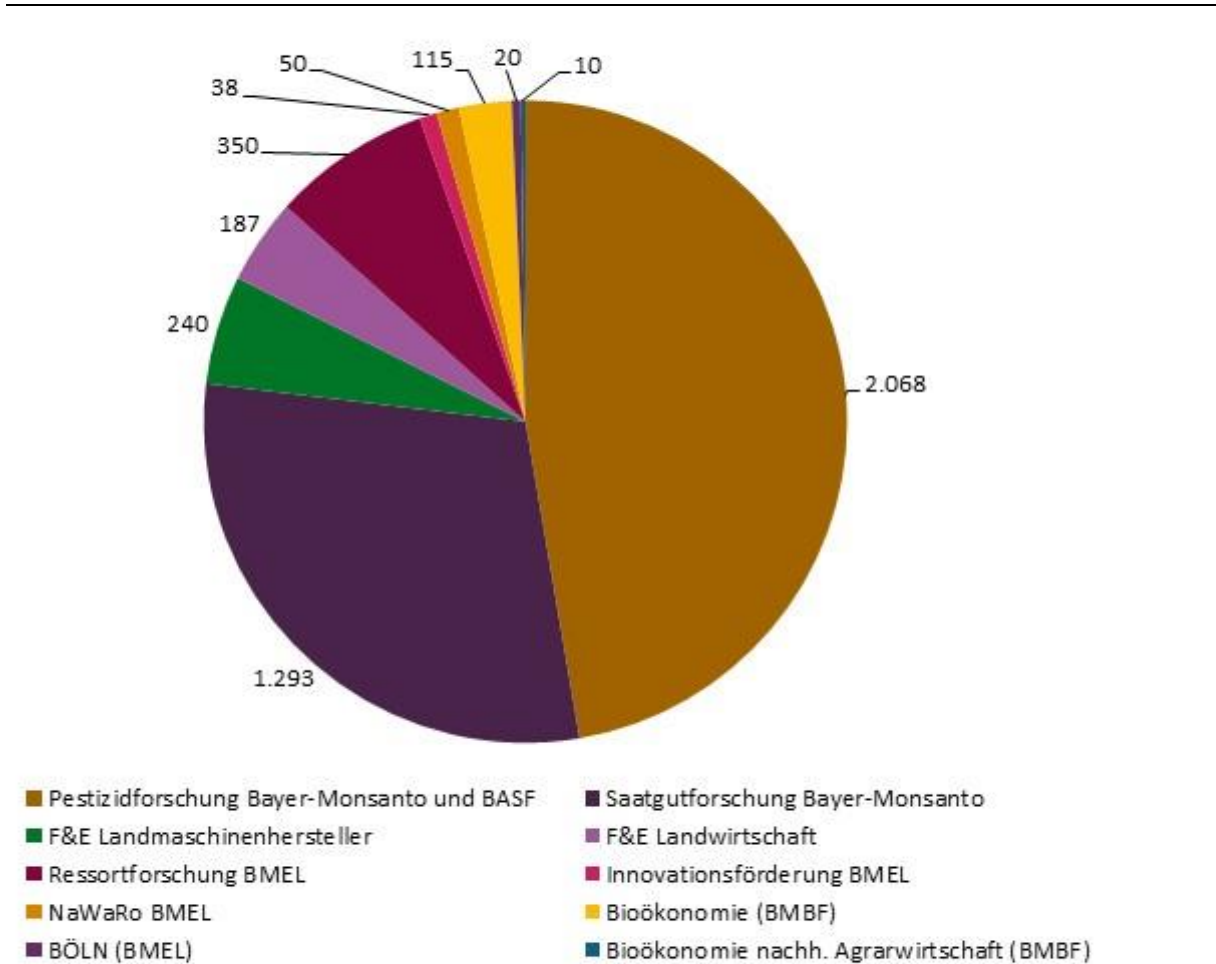
Die Agrarforschung spiegelt daher nicht die Erfordernisse der Zukunft, sondern ist geprägt durch ökonomische Pfadabhängigkeiten der historischen Entwicklung der starken Akteure der Landwirtschaft. Hierzu gehören die Landwirte und ihre Interessenvertretungen sowie eine Vielzahl wirtschaftlicher Akteure der Wertschöpfungskette (Landmaschinenhersteller, Produzenten von Saatgut, Dünger und Pestiziden, landwirtschaftliche Betriebe, Lebensmittelverarbeitung, Handel und Konsumenten), die Landwirtschafts- und Umweltpolitik, die öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen der Agrarwissenschaften sowie eine Reihe intermediärer Organisationen, in Deutschland z.B. Beratungsinstitutionen, aber auch die Zivilgesellschaft. Als neue Akteure werden gegenwärtig eine zunehmende Zahl von Gründungen und Start-ups im Agrarbereich sichtbar.

Allein die großen Agrarkonzerne Bayer-Monsanto und BASF investieren in ihre weltweiten Forschungsaktivitäten zu Saatgut und Pestiziden mehr als drei Viertel der Agrarforschungsmittel, über deren Verwendung in Deutschland entschieden wird. Mit deutlichem Abstand folgenden die Ressortforschungsbudgets des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und die F&E-Aufwendungen der Landmaschinenbranche. Auch einzelne Akteure der Landwirtschaft führen Forschung durch und das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert Projekte mit Bedeutung für die Landwirtschaft, z.B. im Förderschwerpunkt Bioökonomie.

Die Ressortforschung des BMEL wird mit ca. 350 Mio. € p.a. aus dem Haushalt des BMEL finanziert (Wissenschaftsrat, 2017, S. 8). Primär fließen diese Mittel in die vier großen Institute mit ca. 4.000 Beschäftigten (vgl. Abschnitt 2.1). Ein Anteil von ca. 4 Mio. € fließt in die Ökolandbau-forschung (Rahmann, Kühne & Töpfer, 2013). In 2017 flossen seitens des BMEL ca. 20 Mio. Euro

für Projekte im Rahmen des Bundesprogramms Ökolandbau und andere nachhaltige Bewirtschaftungsformen sowie 50 Mio. Euro p.a. für nachwachsende Rohstoffe.¹

Abbildung 1: Jährliche Investitionen deutscher Akteure in die Agrarforschung in Mio. €



Quelle: Borderstep, Umrechnung 1,16\$ = 1 Euro

Insoweit lässt sich ein klares Defizit der Forschung für den Ökolandbau konstatieren. Und einiges spricht dafür, der Forschung für den ökologischen Landbau einen höheren Stellenwert einzuräumen. Dies ist zum einen die Tatsache, dass die Art des Landbaus eine ganz erhebliche Auswirkung auf die Umweltwirkungen der Landwirtschaft hat. Weiter gibt die Nachhaltigkeitsstrategie für 2030 das Ziel „20% Flächenanteil des ökologischen Landbaus“ vor und auch ökonomisch spricht vieles dafür. So werden z.B. ca. 50% der meist recht hochpreisig an die Konsumentinnen und Konsumenten abgesetzten Öko-Lebensmittel importiert und der deutschen Landwirtschaft geht dieser hochpreisige Marktanteil verloren. Auch erwirtschaften Bio-Bauern pro Arbeitskraft mehr Umsatz und das wirtschaftliche Ergebnis ist deutlich besser (Deter, 2018). Und Hamm et al. (2017) sehen gerade bei der deutschen Landtechnikindustrie die Chance der weltweiten Technologieführerschaft bei einer Reihe von umweltfreundlichen Produkten.

¹ Angaben auf www.bmel.de vom 7.8.2018.

Die Forschung zu Methoden des Ökolandbaus bedarf daher eines starken Impulses, um der deutschen Landwirtschaft zu ermöglichen, die anspruchsvollen, von der Bundesregierung gesetzten Ziele zu erreichen. Begleitend wird erforderlich sein, umfangreiche Forschung und Entwicklung mit dem Ziel zu beginnen, umweltverträgliche Methoden des Ökolandbaus sukzessive auf Betriebe der konventionellen Landwirtschaft zu übertragen.

Mit Blick auf die Zielsetzung der Bundesregierung, den Flächenanteil des ökologischen Landbaus auf ca. 20% in 2030 zu steigern, wäre vermutlich sogar notwendig, Innovationen zum ökologischen Landbau überproportional zu fördern, also z.B. mit ca. 30% der öffentlichen institutionellen wie Projektfördermittel bzw. ca. 200 Mio. € p.a.

Kurzfristig ist diese Steigerung aber kaum umsetzbar, da vermutlich weder Infrastrukturen wie auch einschlägig kompetente Personen in hinreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Wesentlich wäre also eine strategisch geplante Steigerung der Projektmittel, so dass einschlägige Institute Ausbaustrategien anstoßen können. Parallel dazu sollten die Kapazitäten der Ressortforschung ebenfalls stärker auf Ökolandbau fokussiert werden.

Die erforderlichen Innovationen basieren in der Regel nicht auf eindimensionalen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, bei denen bestimmte Maßnahmen oder spezifische Abhilfemaßnahmen angewandt werden können, um Leistungssteigerungen zu erreichen. Der klassische lineare Ansatz der forschungsunterstützten Innovation, bei dem eine Technologie an erster Stelle steht, die in einer privaten oder öffentlichen Forschungseinrichtung entwickelt wird um dann in der breiten Praxis umgesetzt zu werden, greift zu kurz (Hamm et al., 2017). Hamm et al. sehen deshalb einen Bedarf:

- ▶ an interdisziplinärer Forschung, wobei die Teilnahme landwirtschaftlicher Erwerbsbetriebe ein Problem darstellt, weil ihre Teilnahme an Forschungsprojekten nicht zu eigenen neuen Produkten führt (wie in Produktionsbetrieben) und sich damit die Frage des Eigenanteils neu stellt,
- ▶ Modellregionen, in denen die Umstellung eines großen Teils der landwirtschaftlichen Betriebe angereizt und erprobt wird und parallel dazu versucht wird, den Bio-Anteil im Lebensmittelabsatz fokussiert regional zu erhöhen,
- ▶ bundesfinanzierte Lehrstühle nach Artikel 91b der Verfassung.

Mit Blick darauf, dass für viele Fragen nicht nur kleinteilige Verbesserungsinnovationen erforderlich sind, sondern es „groundbreaking ideas“ erfordert, sehen Hamm et al. einen Bedarf an längerfristigen, also den üblichen Förderrahmen von 3 Jahren durchbrechenden Projekten (Hamm et al., 2017). Für die Entstehung grundsätzlich neuer Ideen haben aber nicht nur Forschungsinstitutionen und -projekte eine hohe Bedeutung, sondern auch Start-Ups (Fichter & Clausen, 2013; Fichter & Olteanu, 2019). Mit dem Begriff AgTech werden seit einigen Jahren solche Technologiegründungen rund um die Landwirtschaft beschrieben und in ersten Akzeleratoren werden diese StartUps gefördert.

Summary

In comparison to conventional agriculture, organic farming has clear advantages in terms of services to protect soil and groundwater as well as biodiversity and resource efficiency. With regard to climate change, too, the resilience and adaptability of organic farming can be rated higher than that of conventional farming (Sanders & Heß, 2019). In contrast, the comparison of performance in terms of climate protection is not entirely clear. Depending on the study, different comparisons are made (greenhouse gas emissions per area or per product) and the conclusions differ. On the basis of the available meta-studies, it can be assumed that the yield scaled greenhouse gas emissions in organic and conventional agriculture are the same overall - both in plant production and in animal husbandry. From a climate point of view, however, there is no clear advantage to be seen in conventional agriculture, neither in plant production nor in animal husbandry.

From the point of view of environmental policy and the sustainability strategy, consistent support and promotion of organic farming would therefore be desirable. The present study therefore focuses on innovation policy for organic farming on the basis of the following considerations:

- ▶ The share of organic food sold to consumers is to rise to 34% by 2030 as an implicit goal of the sustainability strategy.
- ▶ In 2018, organic farming accounted for 9.1% of the total area (Federal Environment Agency, 2019) and, as an explicit goal of the sustainability strategy, is to rise to 20% by 2030.
- ▶ Depending on the survey method, however, the funds for research and development clearly attributable to organic farming account for only 1.5% to 5% of the total funds spent on research and development in the agricultural sector.

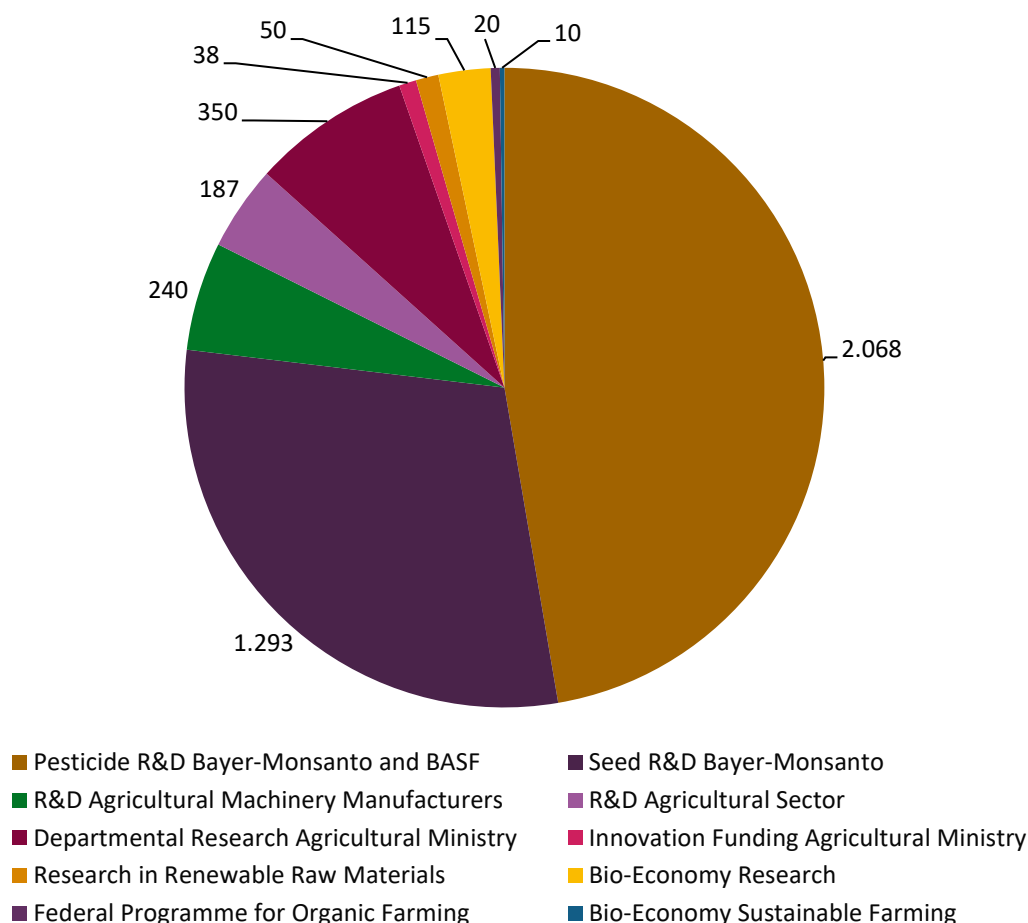
Agricultural research therefore does not reflect the requirements of the future, but is characterized by economic path dependencies of the historical development of the strong players in agriculture. These include farmers and their representative bodies as well as a large number of economic actors in the value chain (agricultural machinery manufacturers, producers of seeds, fertilizers and pesticides, agricultural enterprises, food processing, trade and consumers), agricultural and environmental policy, public and private research institutions in the agricultural sciences as well as a number of intermediary organizations, in Germany e.g. advisory institutions, but also civil society. An increasing number of start-ups are currently becoming visible as new players in the agricultural sector.

The large agricultural groups Bayer-Monsanto and BASF alone invest more than three-quarters of the agricultural research funds decided on in Germany in their worldwide research activities on seeds and pesticides. The departmental research budgets of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) and the R&D expenditures of the agricultural machinery sector follow by a wide margin. Individual players in agriculture also carry out research and the Federal Ministry of Education and Research funds projects of importance for agriculture, e.g. in the Bioeconomy funding priority.

The departmental research of the BMEL is financed with approx. 350 million € p.a. from the budget of the BMEL (Wissenschaftsrat, 2017, p. 8). Primarily these funds flow into the four large institutes with approx. 4,000 employees (cf. Section 2.1). A share of approx. € 4 million will go towards organic agriculture research (Rahmann, Kühne & Töpfer, 2013). In 2017, the BMEL invested approx. 20 million euros in projects within the framework of the Federal Programme for

Organic Agriculture and Other Sustainable Forms of Management as well as 50 million euros p.a. for renewable raw materials.

Figure 2: Annual investments by German actors in agricultural research in € million



Source: Borderstep, conversion 1,16\$ = 1 Euro

In this respect, there is a clear lack of research in organic farming. And there is some evidence that research into organic farming should be given a higher priority. On the one hand, this is the fact that the type of farming has a very considerable effect on the environmental impacts of agriculture. In addition, the sustainability strategy for 2030 sets the target of a 20% share of organic farming, and there is also much in favour of this economically. For example, about 50% of the organic food sold to consumers at high prices is imported and German agriculture loses this high-priced market share. Organic farmers also generate more turnover per worker and the economic result is significantly better (Deter, 2018). And Hamm et al. (2017) see the German agricultural engineering industry in particular as an opportunity for global technological leadership in a range of environmentally friendly products.

Research into organic farming methods therefore needs a strong impetus to enable German agriculture to achieve the ambitious goals set by the German government. At the same time, it will be necessary to start extensive research and development with the aim of successively transferring environmentally compatible methods of organic farming to conventional farms.

In view of the Federal Government's objective of increasing the proportion of land used for organic farming to approx. 20% in 2030, it would presumably even be necessary to promote innovations disproportionately to organic farming, e.g. with approx. 30% of public institutional funding as well as project subsidies or approx. € 200 million p.a.

In the short term, however, this increase is hardly feasible, since it is likely that neither infrastructure nor relevant competent persons will be available in sufficient numbers. A strategically planned increase in project funds would therefore be essential, so that relevant institutions can initiate expansion strategies. At the same time, the capacities of departmental research should also be focused more strongly on organic farming.

The required innovations are generally not based on one-dimensional cause-and-effect relationships in which certain measures or specific remedial measures can be applied in order to improve performance. The classical linear approach of research-supported innovation, in which a technology is first and foremost developed in a private or public research institution and then implemented in broad practice, does not go far enough (Hamm et al., 2017). Hamm et al. therefore see a need:

- ▶ in interdisciplinary research, whereby the participation of agricultural gainfully employed farms poses a problem because their participation in research projects does not lead to new products of their own (as in production companies) and thus the question of their own share of cost bearing arises anew,
- ▶ Model regions in which the conversion of a large part of the agricultural business is stimulated and tested and in parallel an attempt is made to increase the proportion of organic food sales in a focused regional manner,
- ▶ federal funded chairs according to article 91b of the constitution.

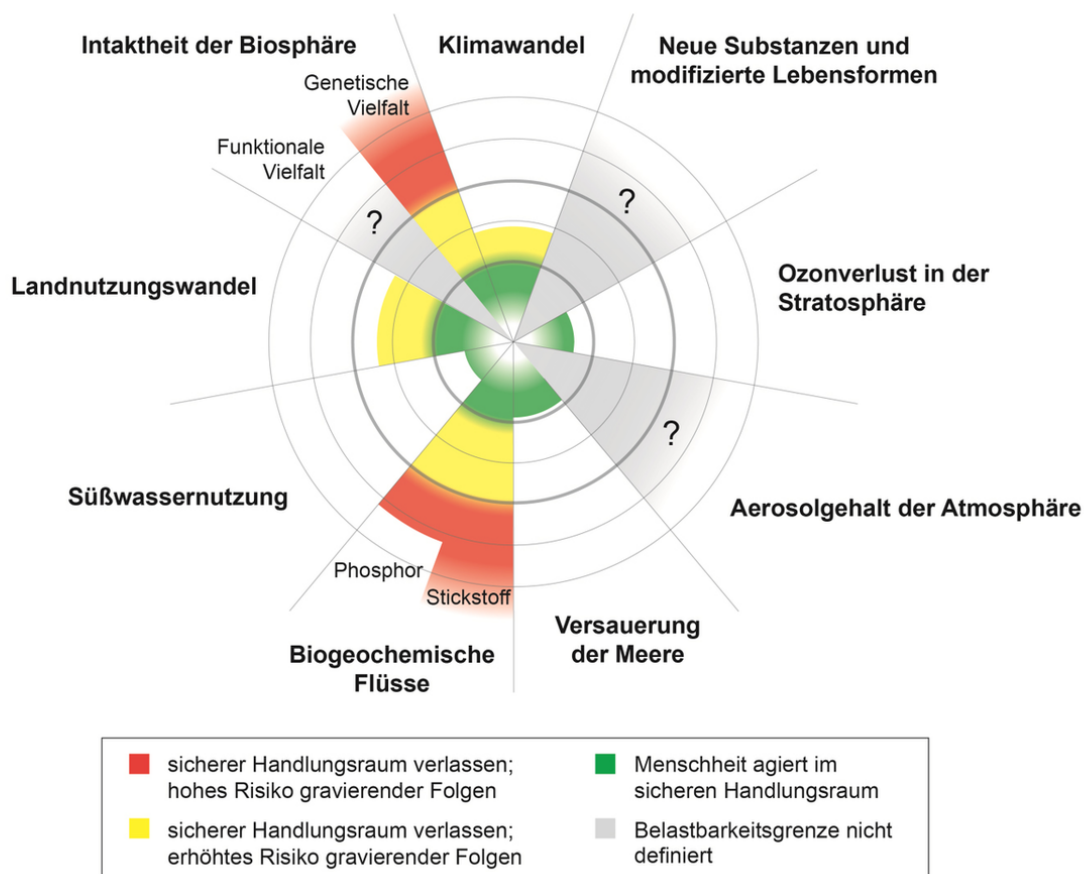
In view of the fact that many questions require not only small-scale improvement innovations but also groundbreaking ideas, Hamm et al. see a need for longer-term projects that break through the usual funding framework of 3 years (Hamm et al., 2017). However, not only research institutions and projects are of great importance for the emergence of fundamentally new ideas, but also start-ups (Fichter & Clausen, 2013; Fichter & Olteanu, 2019). The term AgTech has been used for some years to describe such technology start-ups in the agricultural sector, and the first accelerators have been used to promote these start-ups.

1 Problemsituation und politische Ziele

Organic agriculture is not the backwards back to nature type of farming. It is a mostly modern farming system that needs new technologies and organics are the world leaders in robots for weed management for instance.
Niels Halberg (Europäische Kommission, 2015)

Die Tragekapazitäten der Erde werden in immer mehr Bereichen durch die Menschheit überschritten. Nicht nur die Treibhausgase belasten das Weltklima weit über das Ausmaß hinaus, in dem die Ökosysteme dies tolerieren werden. Auch der Biodiversitätsverlust ist so hoch, dass er eine massive Gefahr für die Stabilität des Lebens in vielen Ökosystemen darstellt. Der aus der Herstellung und Verwendung von Düngemitteln resultierende Eintrag von Stickstoff und Phosphor in Grundwasser und Flüsse gefährdet die Stabilität der Ökosysteme in Flüssen, Seen und Weltmeeren. Weiter ist das Ausmaß der Nutzung von Land und Süßwasser gefährlich nahe an den Grenzen, die die Wissenschaft identifiziert hat. Steffen et al. (2015) machen deutlich, dass die planetaren Grenzen sowohl im Fall des Biodiversitätsverlustes wie auch im Fall der Phosphor- und Stickstoffkreisläufe deutlich überschritten werden (Abbildung 3).

Abbildung 3: Der aktuelle Status der Überschreitung für sieben der neun planetaren Grenzen



Quelle: Steffen et al. (2015) nach BMU (2019)

In der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung, 2017) finden sich im Kontext der Landwirtschaft vier politische Ziele, die auf die Lösung dieser Problemlagen zielen und deren Zielfortschritt durch Indikatoren gemessen wird:

Indikator 2.1.a Stickstoffüberschuss

„Der Indikator stellt den jährlichen Stickstoffüberschuss für den Sektor Landwirtschaft, berechnet als Stickstoffzufuhr abzüglich Abfuhr von Stickstoff, in Kilogramm je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche dar“ (Die Bundesregierung, 2017, S. 65). Der Indikator sinkt im langfristigen Trend und lag 2014 bei 84 kg/ha, stieg 2015 dann aber wieder auf 102 kg/ha. Für die Erreichung des Zieles von 70 kg/ha in 2030 müssen nach Ansicht des UBA die Anstrengungen deutlich erhöht werden.²

Die Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung, 2017) weist darauf hin, dass der Indikator „Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft“ eine enge Beziehung zu den Indikatoren 3.2.a „Emissionen von Luftschadstoffen“, 6.1.b „Nitrat im Grundwasser“, 14.1.a „Stickstoffeintrag über die Zuflüsse in Nord- und Ostsee“ und 15.2 „Eutrophierung der Ökosysteme“ aufweist. Während die Emission von Stickstoffoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH₃) die Belastung der Flächen mit Stickstoff erhöht, findet sich der in die Fläche eingebrachte Stickstoff anschließend im Grundwasser, in Ökosystemen sowie in den Zuflüssen der Meere wieder.

Die novellierte Düngeverordnung wurde im April 2017 vom Bundesrat verabschiedet. Mit vielfältigen Neuregelungen soll der Stickstoffeintrag gesenkt werden. Die Bundesländer werden durch die Verordnung dazu verpflichtet, in hoch belasteten Gebieten regional angepasste, weitergehende Maßnahmen vorzuschreiben.

Indikator 2.1.b Ökologischer Landbau

„Der Indikator stellt die ökologisch bewirtschaftete Fläche landwirtschaftlicher Betriebe, die dem Kontrollverfahren der EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau unterliegen (Verordnung [EG] Nr. 834/2007 und Durchführungsvorschriften), als Anteil an der gesamten landwirtschaftlich bewirtschafteten Fläche in Deutschland dar“ (Die Bundesregierung, 2017, S. 67). Der Flächenanteil des ökologischen Landbaus stieg von 2,9% in 1999 auf 6,3% in 2015 nur langsam. In 2018 lag der Flächenanteil bei 9,1% (Umweltbundesamt, 2019). Die Erreichung des im Koalitionsvertrag 2018 (CDU, CSU und SPD, 2018, S. 85) und auch in der aktualisierten Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung, 2018, S. 53) neu auf 2030 terminierten Ziels von 20% ist dennoch eine anspruchsvolle Aufgabe. Mit Blick auf langsame Fortschritte bei dem Ziel, welches ursprünglich auf 2010 terminiert war (Die Bundesregierung, 2002, S. 114), wurde das Zeitziel zwischenzeitlich sogar aus der Nachhaltigkeitsstrategie gestrichen (Die Bundesregierung, 2008).

Indikator 15.1. Artenvielfalt und Landschaftsqualität

„Der Indikator zeigt die Bestandsentwicklung für 51 ausgewählte Vogelarten in Form eines Index“ (Die Bundesregierung, 2017, S. 201). Die Teilindikatoren der Artenvielfalt entwickeln sich dabei etwas unterschiedlich, der Teilindikator für Biodiversität auf Agrarland entwickelt sich deutlich negativ. Eine Verbesserung des Indikators auf das für 2030 gesetzte Ziel ist nicht absehbar. Weiter ist der Insektenbestand selbst in Naturschutzgebieten seit 1987 um ca. 75 % zurückgegangen (Hallmann et al., 2017).

Indikator 12.1.a Marktanteil von Produkten mit staatlichen Umweltzeichen

² Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-stickstoffueberschuss-der-landwirtschaft#textpart-1> vom 13.7.2018.

„Der Indikator misst den Marktanteil von Produkten mit freiwilligen oder verpflichtenden Umweltzeichen, deren Vergabegrundlagen von staatlichen Organen festgelegt werden“ (Die Bundesregierung, 2017, S. 173). In der Beschreibung des Indikators wird auch das EU-Bio-Siegel explizit genannt, womit ein Verkaufsanteil in der Größenordnung von 34% Lebensmitteln mit EU-Bio-Siegel implizit Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie ist. Die hohe Priorität, die die Nachhaltigkeitsstrategie dem ökologischen Landbau einräumt hat ihren Grund in der ökologischen Vorteilhaftigkeit des ökologischen Landbaus im Vergleich mit konventionellem Landbau (Abbildung 4).

Abbildung 4: Bewertung der Leistungen der ökologischen Landwirtschaft im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft

Leistungsbereich	Indikator	In Studien gewählte Bezugsgröße	Anzahl Studien	Anzahl VGP	Bewertung der gesellschaftlichen Leistung auf der Basis einer				
					quantitativen Auswertung der Literaturergebnisse		qualitativen Auswertung der Literaturergebnisse		
Wasser	Nitrat	Fläche	71	202					
	Nitrat	Ertrag	8	24					
	PSM	Fläche	12	66					
	TAM	Fläche	-	-					
	Phosphor ^a	Fläche	-	-					
Boden	Regenwürmer	Abundanz	Fläche	21	64				
		Biomasse	Fläche	17	93				
	Bodenacidität	Fläche	30	71					
	Phosphor	Fläche	14	65					
	Eindringwiderstand	Fläche	4	44					
Biodiversität	Flora	Artenzahl	Fläche	42	128				
		Abundanz ^b	Fläche	8	19				
	Fauna	Artenzahl	Fläche	31	67				
		Abundanz	Fläche	28	98				
Klimaschutz	Boden / Pflanze	SOC-Gehalt	Fläche	103	270				
		SOC-Vorrat	Fläche	52	131				
		C-Speicherung	Fläche	17	41				
		N ₂ O-Emissionen	Fläche	13	35				
		CH ₄ -Emissionen	Fläche	3	6				
		THG-Gesamt	Ertrag	-	-				
	Milchkühe	CH ₄ -Emissionen	Ertrag	-	-				
		THG-Gesamt	Ertrag	-	-				
Klima-anpassung	Fruchtfolgeeffekte (C-Faktor)	Fläche	3	5					
	Anteil organischer Substanz	Fläche	24	72					
	Aggregatstabilität	Fläche	22	76					
	Trockenraumdichte	Fläche	13	30					
	Infiltration	Fläche	11	28					
	Oberflächenabfluss	Fläche	9	22					
	Bodenabtrag ^c	Fläche	16	45					
Ressourcen-effizienz	N-Input	Fläche	38	113					
	N-Effizienz	Ertrag	38	113					
	N-Saldo	Fläche	36	114					
	Energieinput	Fläche	55	141					
	Energieeffizienz	Ertrag	37	105					
Tierwohl ^d	Milchkühe	Tiergesundheit	Herde	46	286				
		Tierverhalten	Herde	3	10				
		Emotionen	Herde	1	3				
	Schweine	Tiergesundheit	Herde	8	51				
		Tierverhalten	Herde	2	2				
		Emotionen	Herde	-	-				
	Geflügel	Tiergesundheit	Herde	6	28				
		Tierverhalten	Herde	2	4				
		Emotionen	Herde	3	5				

Quelle: Thünen Report 65, Sanders und Heß (2019, S. 305)

Für den Thünen Report (Sanders & Heß, 2019) wurden 528 Veröffentlichungen ausgewertet, in denen insgesamt 34 Vergleichsparameter zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben betrachtet wurden. Es ergaben sich mehr als 2.800 Einzelvergleiche. Der durch eine Kooperation von sieben Fachinstituten angefertigte Report lässt eindeutig erkennen, dass das Konzept Ökolandbau die grundlegende Systeminnovation ist, aus der heraus eine in allen Dimensionen umweltverträgliche Landwirtschaft entwickelt werden kann. Der Ökolandbau zeigt eindeutige Vorteile bei den Leistungen zum Schutz von Boden und Grundwasser wie auch bei der Biodiversität und in der Ressourceneffizienz. Auch mit Blick auf die Änderung des Klimas ist die Resilienz und Anpassungsfähigkeit des Ökolandbaus als höher zu bewerten als die des konventionellen Landbaus (Sanders & Heß, 2019). Der Vergleich der Leistungen zum Klimaschutz ist dagegen nicht ganz eindeutig. Je nach Studie werden unterschiedliche Vergleiche gezogen (Treibhausgasemissionen pro Fläche oder pro Produkt) und die Schlussfolgerungen unterscheiden sich. Auf Grundlage der vorliegenden Meta-Studien kann von insgesamt gleichen ertragsskalierten Treibhausgasemissionen in der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft ausgegangen werden - sowohl im Pflanzenbau, als auch in der Tierhaltung. Eine aus Umweltsicht eindeutige Vorteilhaftigkeit des konventionellen Landbaus ist aber in keinem Leistungsbereich zu erkennen.

Dementsprechend kommt dem ökologischen Landbau eine besondere Bedeutung im Kontext der Förderung von Innovationen und ihrer Diffusion zu.

Mit Blick auf die Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen (UNO) stellt Yusefi-Menzler (2019) Bezüge zum SDG 2 (Zero Hunger) her, da durch Ökolandbau die weitere Degradation der Landwirtschaftsfläche vermieden und nur so die Lebensmittelversorgung langfristig sichergestellt werden kann. Weiter setzt sie den Ökolandbau in Bezug zu SDG 13 (Climate Action), da in ökologisch bewirtschafteten Böden erheblich mehr CO₂ eingelagert wird als in konventionell bewirtschafteten, sowie zu SDG 15 (Life on Land), aufgrund der nachgewiesenen positiven Wirkung auf die Biodiversität³.

Die vorliegende Studie fokussiert den Ökolandbau einerseits aufgrund seiner ökologischen Vorteilhaftigkeit, andererseits aufgrund folgender Überlegung:

- Die eindeutig dem Ökolandbau zuzurechnenden Mittel für Forschung und Entwicklung belaufen sich auf einen Anteil von 1,5% bis 5% der insgesamt für Forschung und Entwicklung im Agrarbereich aufgewendeten Mittel (vgl. Kapitel 3 und 4.1).
- Der Flächenanteil des Ökolandbaus lag 2018 bei 9,1% (Umweltbundesamt, 2019) und soll als explizites Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie bis 2030 auf 20% steigen.
- Der Anteil der an die KonsumentInnen verkauften Lebensmittel soll als implizites Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie bis 2030 in die Größenordnung von 34% steigen.

Abgesehen von den offensichtlichen Inkonsistenzen der Zielsetzungen⁴ wird deutlich, dass gerade die Forschung zu Methoden des Ökolandbaus eines starken Impulses bedarf, um der deutschen Landwirtschaft zu ermöglichen, die anspruchsvollen, von der Bundesregierung gesetzten

³ Bock stellt eine umweltverträgliche, in die ländliche Regionalentwicklung eingebundene Landwirtschaft als soziale Innovation dar, da sie den sozialen Bedürfnissen der ländlichen Bevölkerung wie auch dem Bedürfnis der gesamten Bevölkerung nach einer intakten Umwelt besser entspricht und stellt diese in den Gegensatz zu einer industrialisierten, kapitalgetriebenen Landwirtschaft (Bock, 2012, S. 60).

⁴ In der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie steht explizit: „Ziel der Bundesregierung ist es daher, den Marktanteil von Produkten mit staatlichen Umweltzeichen bis 2030 auf 34 Prozent zu erhöhen.“ (Die Bundesregierung, 2017, S. 174). Es wird zwar erläutert, welche

Ziele zu erreichen. Begleitend wird erforderlich sein, umfangreiche Forschung und Entwicklung mit dem Ziel zu beginnen, umweltverträgliche Methoden des Ökolandbaus sukzessive auf Betriebe der konventionellen Landwirtschaft zu übertragen.⁵

Produkte hierzu im Rahmen eines Indikators erfasst werden. Es werden aber keine spezifischen oder gar unterschiedlichen Zielwerte für die unterschiedlichen Produkten benannt. Deshalb kann implizit davon ausgegangen werden, dass der Zielwert in Höhe von 34% Marktanteil grundsätzlich in gleichem Maße für alle Produkte gilt. Im Hinblick auf die beschlossenen SDGs, insbesondere SDG 12, bis 2030 nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherzustellen, kann zudem die Aussage, dass 2030 weiterhin zwei Drittel der Produkte nichtnachhaltig sein sollen, keineswegs als ambitioniert gelten.

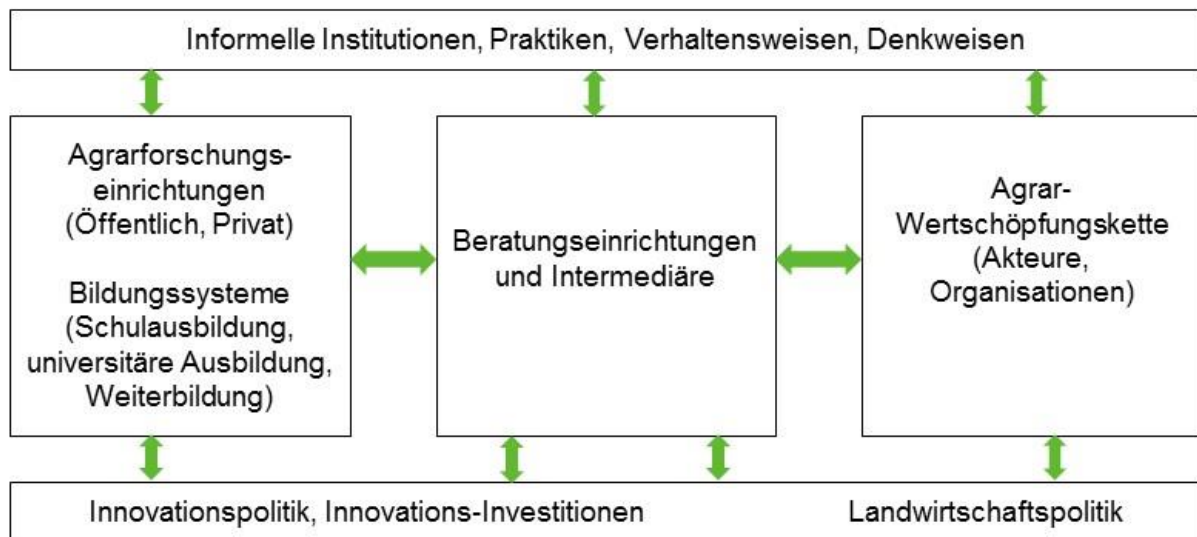
⁵ Der BÖLW argumentiert ähnlich: „Wer sich sinnvoller Weise zu 20 % Öko-Landwirtschaft bis 2030 im Koalitionsvertrag verpflichtet, muss das mit entsprechenden Investitionen in die Forschung unterfüttern. Es reicht nicht, den Anteil der Öko-Forschung bei unter 2 % der Agrarforschungsmittel zu belassen. Damit das Potential der Öko-Forschung stärker gehoben werden kann, braucht es eine Forschungspolitik, die Institutionen und Forschungsansätze aufbaut und stärkt, die systemorientiert sind und zugleich Wissenstransfer und Kommunikation als zentralen Bestandteil von Forschungsarbeit versteht und fördert. Von Bio-Forschung und mehr Öko-Aus- und Weiterbildung profitiert der gesamte Agrar- und Ernährungssektor, der mit Blick auf Klimakrise, starke Höfe und Insektenschwund dringend nachhaltiger werden muss.“ (BÖLW, 2019a)

2 Akteure des Innovationssystems

Akteure des landwirtschaftlichen Innovationssystems sind zum einen die Akteure der Wertschöpfungskette der Landwirtschaft, weiter Forschungs- und Bildungsakteure sowie intermediäre Akteure, die Brücken zwischen der Branche und dem Forschungssystem bauen.

Die Politik nimmt sowohl durch die Forschungs- und Innovationspolitik wie auch durch die Landwirtschaftspolitik Einfluss auf das System (Abbildung 5).

Abbildung 5: Eine konzeptionelle Darstellung des landwirtschaftlichen Innovationssystems



Quelle: Borderstep modifiziert nach Aerni et al. (2015, S. 834)

Von Bedeutung sind also:

- ▶ die Landwirte und ihre Interessenvertretungen sowie eine Vielzahl wirtschaftlicher Akteure der Wertschöpfungskette (Landmaschinenhersteller, Produzenten von Saatgut, Dünger und Pestiziden, landwirtschaftliche Betriebe, Lebensmittelverarbeitung, Handel und Konsumenten),
- ▶ die Landwirtschafts- und Umweltpolitik,
- ▶ die öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen der Agrarwissenschaften,
- ▶ intermediäre Organisationen, in Deutschland z.B. Beratungsinstitutionen, aber auch die Zivilgesellschaft.

Ergänzend zu dieser quasi funktionalen Unterscheidung von Akteuren im Innovationssystem ist von Bedeutung, dass abhängig von der Art der umweltbelastenden Aktivität Akteure aus unterschiedlichen Wertschöpfungsketten von Bedeutung sind, von denen hier einige Gruppen aufgrund ihrer Bedeutung für die Ausprägung der Umweltbelastungen aus der Landwirtschaft kurz charakterisiert werden sollen:

- ▶ Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von landwirtschaftlichen Maschinen,
- ▶ Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Düngemitteln,

- Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Pestiziden,
- Forschung zu und Zucht von Pflanzensorten,
- Gründungen und Start-ups im Agrarbereich,
- Lebensmittelverarbeitung, Handel und Konsumenten.

Mit Blick auf die von den Akteuren vorangetriebenen Innovationen ist anzumerken, dass diese meist nicht von rein technisch-ökonomischer Natur sind. Die Durchsetzung von Innovationen erfordert meist auch Anpassungen des organisatorischen und institutionellen Umfelds, teilweise auch Anpassungen der Prioritäten und des Verhaltens von Handel und Konsum.

2.1 Funktionale Akteure im landwirtschaftlichen Innovationssystem

Landwirte und ihre Interessenvertretungen

Die insgesamt 275.000 **landwirtschaftlichen Betriebe** in Deutschland erzielen einen Umsatz von ca. 49 Mrd. €. Sie sind in Bezug auf die Bewirtschaftungsform unterschiedlich. Eine große Anzahl (ca.84.000) der Betriebe betreibt auf über 60.000 km² Ackerbau (insb. Getreide, aber auch Hackfrüchte und Feldgemüse). Weitere 114.000 Betriebe betreiben auf über 59.000 km² Futterbau (insb. für die Milchviehwirtschaft, aber auch Rinderzucht sowie Schaf- und Pferdehaltung) (Bundesministerium für Ernährung & und Landwirtschaft (BMEL), 2017, S. 30). Über 30.000 Betriebe betreiben Viehhaltung und 16.000 sogenannte Veredelungsbetriebe mästen Schweine und Geflügel und produzieren Eier und Milch. 19.900 bzw. 7,2% der landwirtschaftlichen Betriebe betrieben 2016 Ökolandbau (Bundesministerium für Ernährung & und Landwirtschaft (BMEL), 2017, S. 33) und bauten überproportional viele Hülsenfrüchte und Dauerkulturen an. Auch Dauergrünland gibt es zu einem hohen Anteil in der ökologischen Landwirtschaft (Bundesministerium für Ernährung & und Landwirtschaft (BMEL), 2017, S. 33).

Zu den größten und einflussreichsten **landwirtschaftlichen Verbänden** zählen der Deutsche Bauernverband e.V. (DBV), die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), der Bundesverband der Agrargewerblichen Wirtschaft (BVA) und der Berufsverband Agrar, Ernährung, Umwelt e.V. (VDL). Betriebe der ökologischen Landwirtschaft sind unter anderem in den Verbänden Bioland, Demeter, Naturland, dem Bundesverband ökologischer Weinbau, Gäa, Ecoland, Biopark und Biokreis organisiert. Seit 2002 existiert der Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW) als Dachverband für ökologische Landwirtschaft, Lebensmittelhersteller und Handel.

Landwirtschafts- und Umweltpolitik

Landwirtschaftspolitik incl. vieler ihrer Umweltaspekte wird in erster Linie durch die Landwirtschaftsministerien auf Bundes- und Landesebene vorbereitet und umgesetzt. Hinzu kommt die gemeinsame Agrarpolitik der EU. Das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt gestalten einige eng mit der Landwirtschaft zusammenhängende Themenfelder wie z.B. Klärschlamm und Bioabfall sowie Boden- und Naturschutz. Bei der Festlegung von Vorschriften rund um Düngemittel, Pflanzenschutz und Gentechnik wirken BMU und UBA mit (Umweltbundesamt, 2000).

Sowohl die Zulassung, als auch die Überwachung der in Verkehr gebrachten Sorten, der eingesetzten Dünge- und Pflanzenschutzmittel obliegt in Deutschland verschiedenen staatlichen Behörden. Über die Zulassung von Sorten entscheidet das Bundessortenamt, über die Zulassung von neuen Düngemitteln entscheidet z.B. das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) auf Grundlage der fachlichen Beurteilungen des Wissenschaftlichen Beirats für

Düngungsfragen (Tappeser & Chichowitz, 2017a). Der Vollzug sowie die Überwachung des Pflanzenschutzgesetzes obliegen in den Bundesländern den nach Landesrecht zuständigen Behörden, in der Regel den Pflanzenschutzdiensten der Länder.

Im Zuge einer Netzwerk Betrachtung der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft identifizierten Heintz (2013) und auch das Institut für Arbeit und Wirtschaft (2019) eine intensive Verflechtung von Landwirtschaftskammern und wirtschaftlichen Interessenvertretern mit den politischen Instanzen. Eine Reihe von Vielfachfunktionären nimmt Einfluss auf die politische Meinungsbildung und Entscheidungsfindung. Insbesondere die großen und größten Unternehmen der Agrar- und Ernährungswirtschaft verfügen über eine ausgeprägte Repräsentanz in Bundes- und Landesparlamenten und anderen Gremien der politischen Entscheidungsfindung (Heintz, 2013, S. 22; Tappeser & Chichowitz, 2017a). In seiner Studie zu Netzwerkverflechtungen des Deutschen Bauernverbandes weist das Institut für Arbeit und Wirtschaft explizit darauf hin, dass die „Handlungsmöglichkeiten des Agribusiness“ über die Zeit gestärkt und professionalisiert wurden und es trotz sich verschärfender Problemlagen gelingt, wirksames politisches Handeln zu unterbinden (Institut Arbeit und Wirtschaft (IAW), 2019).

Forschungseinrichtungen der Agrarwissenschaften

Hochschulforschung mit Schwerpunkt Agrar-, Forst- und Gartenbauwissenschaften existiert an den Universitäten in Berlin, Bonn, Gießen, Göttingen, Halle, Hannover, Hohenheim, Kassel, Kiel, Rostock sowie an der TU München. Hinzu kommen forstwirtschaftliche Fakultäten in Dresden, Freiburg, Göttingen und ebenfalls München (Bokelmann, Doernberg, Schwerdtner, Kuntosch & Busse, 2012, S. 41), weiter 16 Fachhochschulen mit Agrarfakultäten (Bokelmann et al., 2012, S. 42). Aber nur eine der Fakultäten (Kassel-Witzenhausen) ist von herausgehobener Bedeutung für den ökologischen Landbau (Hamm et al., 2017). Rahmann et al. (2013) schätzen mit Bezug zu Ökolandbau verteilt auf die Hochschulen 35 Professuren und ca. 100 fest angestellte Wissenschaftlerinnen, denen ca. 1.000 ha Versuchsfläche zur Verfügung stehen und die mit ca. 30 Mio. € pro Jahr durch die Bundesländer finanziert werden.

Neben den durch die Länder finanzierten Hochschulen unterhalten verschiedene Bundesländer eigene Agrarforschungseinrichtungen, wie zum Beispiel die Institute der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2018), die hier nicht im Detail dargestellt werden.

Wesentliche Institute der Ressortforschung des BMEL sind das Julius-Kühn-Institut (JKI, ca. 1.200 Beschäftigte, Schwerpunkt Pflanzenbau und Bodenkunde), das Friedrich-Löffler-Institut (FLI, ca. 900 Beschäftigte, Schwerpunkt Tierernährung), das Max-Rubner-Institut (MRI, ca. 200 Beschäftigte, Schwerpunkt Physiologie und Biochemie der Ernährung) und das Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut (vTI, ca. 1.000 Beschäftigte, Schwerpunkt ländliche Räume). Umweltfreundliche Landwirtschaft wird u.a. mit den Themen biologischer Pflanzenschutz und ökologische Chemie am JKI praktiziert, mit den Themen ökologischer Landbau, Fischereiökologie und Biodiversität am vTI (Bokelmann et al., 2012, S. 55). Rahmann et al. (2013) zählen ca. 12 Planstellen, davon 10 im Thünen-Institut, denen ca. 600 ha Versuchsfläche zur Verfügung stehen. Die Ressortforschung des BMEL wird mit ca. 350 Mio. € p.a. aus dem Haushalt des BMEL finanziert (Wissenschaftsrat, 2017, S. 8), davon geht ein Anteil von ca. 4 Mio. € in die Ökolandbauforschung (Rahmann et al., 2013).

Hohe finanzielle private wie öffentliche Aufwendungen fließen darüber hinaus in die Forschungsabteilungen der Unternehmen des Agrarsektors (vgl. Abschnitt 3.4).

Intermediäre Organisationen wie z.B. Berater

Landwirtschaftliche Berater sind in viele Forschungsprojekte eingebunden und spielen eine zentrale Rolle im Diffusionsprozess neuer Erkenntnisse, Verfahren und Praktiken. Das landwirtschaftliche Beratungssystem in Deutschland ist vielfältig (Bokelmann et al., 2012, S. 40):

- ▶ Staatliche Officialberatung,
- ▶ Beratung durch die Landwirtschaftskammern,
- ▶ Beratungsringe,
- ▶ Beratung durch Berufsverbände sowie
- ▶ privatwirtschaftlich organisierte Beratung, von Beratungsunternehmen, Banken, durch den Landhandel und durch Lieferanten z.B. von Dünger, Saatgut und Pflanzenschutzmitteln.

Die Verbandsberatung etablierte sich in den vergangenen Jahren zunehmend im Bereich des ökologischen Anbaus (Bokelmann et al., 2012, S. 40). Bokelmann sieht in der Beratung eine grobe Dreiteilung Deutschlands. Im Süden sowie in Sachsen dominiert die staatliche Officialberatung, im Nordwesten sowie in Mitteldeutschland tragen die Landwirtschaftskammern die Beratung und in den neuen Bundesländern dominieren die privaten Beratungsunternehmen.

Die Frage, wer die Landwirte berät, scheint deutliche Auswirkungen auf die Umweltverträglichkeit des Landbaus zu haben. So wurde z.B. in Schweden Ende der 1980er Jahre nicht nur eine Steuer auf Pestizide eingeführt (Böcker & Finger, 2016), sondern durch das Swedish Board of Agriculture auch ein öffentliches Prognose- und Warnsystem entwickelt. Dies überwacht wöchentlich verschiedene Schadorganismen auf rund 1.000 Felder in ganz Schweden. Auf Basis der Befunde werden Handlungsstrategien für die Landwirtschaft erarbeitet. Diese werden fortlaufend an lokale Berater übermittelt und in Pflanzenschutz-Newslettern für Landwirte verbreitet. Auch auf eine Datenbank kann zugegriffen werden (Pesticide Action Network Europe, 2014, S. 13). Böcker und Finger schreiben die Wirksamkeit der Maßnahmen der Kombination von Beratung, Besteuerung sowie verschärften Zulassungskriterien zu (Böcker & Finger, 2016). Der Einsatz von Pestiziden auf der landwirtschaftlichen Fläche beträgt in Schweden 0,71 kg/ha, in Deutschland 4,03 kg/ha (FAO Statistics, 2017). Pestizide werden in Deutschland schon aufgrund der Behandlungspläne der Saatgutlieferanten (Bayer Crop Science, 2019; Böse, 2015) meist „vorsorglich“ ausgebracht, also ohne dass ein Befall durch die jeweiligen Schädlinge überhaupt gegeben wäre.

Exkurs:

Deutsche Landwirtschaftliche Beratungsleistungen in Entwicklungs- und Schwellenländern als Export von Dienstleistungen

Im Zentrum der deutschen Entwicklungszusammenarbeit steht seit 2009 die Förderung von ländlicher Entwicklung und Ernährungssicherung (Beucker, Clausen, Fichter, Jacob & Bär, 2014a). Im Produktionsbereich Land- und Forstwirtschaft und Fischereiwesen wurden 2010 offizielle Entwicklungshilfemittel in Höhe von 253 Mio. € verausgabt (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), 2013), der siebtgrößte sektorbezogene Posten.

Ein erhebliches zukünftiges Marktpotenzial für den Export landwirtschaftlicher Beratungsleistungen ist aufgrund der Prioritätensetzung in den Technology Needs Assessments (TNA) einer großen Zahl von Entwicklungs- und Schwellenländern zu erwarten (Beucker et al., 2014a). Ca. 38 % der

TNAs nennen verbesserte landwirtschaftliche Praktiken als Technologiepriorität, was auf den Wunsch nach Beratung herausläuft. Zudem sind Beratungsleistungen erheblich preiswerter als Lieferungen und Leistungen von Geräten, Düngemitteln, Saatgut oder Pestiziden, womit der Beratung für die Transformation zur Climate Smart Agriculture (Food and Agriculture Organisation (FAO), 2011) eine zentrale Rolle zukommen dürfte. Dem erheblichen Bedarf an landwirtschaftlicher Beratung wird bisher mit nicht unerheblichen Aktivitäten der Entwicklungshilfe begegnet (Beucker et al., 2014a).

Die Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Beratung in Deutschland mit dem Ziel, durch diese Beratung einen möglichst wirksamen Beitrag zur Reduktion des Stickstoffüberschusses, zum ökologischen Landbau sowie zum Erhalt der Artenvielfalt und zur Verbesserung der Landschaftsqualität zu leisten, wirkt sich damit potenziell auch in den Zielländern des Exports von Beratungsdienstleistungen aus.

Auch zivilgesellschaftliches Engagement spielt eine Rolle im Kontext der Innovation in der Landwirtschaft, z.B. in Form von Umwelt- und Naturschutzverbänden, aber auch das Pestizid-Aktions-Netzwerk (PAN Germany).

2.2 Akteure in Wertschöpfungsketten des landwirtschaftlichen Innovations-systems

Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von landwirtschaftlichen Maschinen

Unterbrochen durch einen Einbruch in den Jahren 2009 und 2010 schwankt der Umsatz der deutschen Landtechnikindustrie um die 10 Mrd. € p.a. (Hartl, 2017, S. 10). Mit einem Exportanteil von 2/3 ist die Branche mit ihren über 33.000 Beschäftigten sehr exportstark. Ihr Verband ist der VDMA Fachverband Landtechnik. Bedeutende Umsatzträger sind Schlepper, Mähdrescher und Heuwender, die aber nur 22% des Branchenumsatzes ausmachen. Charakteristisch für die Branche ist offenbar eine große Vielfalt an Produkten. Die Branche wird weniger als andere von Großunternehmen geprägt. Die vier „Full-Liner“ – Deere & Company sowie AGCO, CNH Industrial und CLAAS – erzielen zusammen nur etwa vierzig Prozent des weltweiten Landtechnikumsatzes (Hartl, 2017, S. 12).

Von wesentlichem Einfluss auf die Innovationen der Branche sind die Digitalisierung mit der Leittechnologie Precision Farming, aber auch Umwelttechnologien. Mit folgenden vier Beispielen illustriert Hartl (2017, S. 26) das Potenzial von Greentech-Innovationen in der Branche:

- „So hat John Deere mit seinem SESAM Traktor (Sustainable Energy Supply for Agricultural Machines) den ersten voll batteriegetriebenen Traktor bereits auf dem Markt.
- Im Bereich Pflanzenschutz entwickelte die Firma Bosch einen multi-funktionalen Agrarroboter (BoniRob), der über vier unabhängig voneinander lenkbare batteriebetriebene Antriebsräder und eine variablen Spurbreite verfügt. Der Agrarroboter navigiert autonom auf Feldern, fährt entlang von Pflanzenreihen und trägt dabei austauschbare Anwendungsmodule (Werkzeuge). Ein Anwendungsbeispiel ist das Modul zur mechanischen Unkrautbekämpfung. Dabei unterscheidet eine Kamera mittels automatischer Bilderkennung Unkraut von Nutzpflanzen und drückt das Unkraut mit einem Stempel in die Erde – eine Prozedur, die die Pflanze meist nicht übersteht. Die Reihenerkennung und Navigation basieren auf Umfeldsensoren, Trägheitssensoren, Raddrehzahlen und GPS.

- Fendt (AGCO) bietet ein Expertensystem an, das den Maschinenführer bei der Ballastierung, der Wahl des Reifendrucks und der Arbeitsgeschwindigkeit des Traktors unterstützt. Werden die genannten Parameter bisher oft nach Erfahrung und Gefühl gewählt, so kann es – je nach Anbaugerät und geplanter Arbeitsmaßnahme – konkrete Vorschläge hierfür liefern und damit Ressourcen schonen.
- Der Einsatz von globalen Positionierungssystemen (GPS) bei den Landtechnikprodukten der Firmen Rauch, CNH, Claas, Krone oder John Deere bringt deutliche Vorteile und Einsparungen bei der Ausbringungsgenauigkeit (etwa von Dünger) mit sich. Auf diese Weise werden Ressourcen gespart und die Effizienz erhöht.“

Es überrascht wenig, dass die Landtechnikbranche grüner Landtechnik positiv gegenüber steht. Bodenschonende Verfahren der „conservation agriculture“ machen Schlepper z.B. durch regelbaren Reifendruck aufwendiger, Geräte zur mechanischen Unkrautbekämpfung kommen zusätzlich ins Programm und hochdigitalisierte Produkte für die Precision Agriculture steigern den Umsatz. Sowohl Effizienztechnologien wie Precision Farming wie auch die mechanische Unkrautbekämpfung sind dabei zentrale Technologien, um den Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden zurückzuführen. Die Landtechnikbranche hat hier das Potenzial, die oft kritisierten Aktivitäten der agrochemischen Industrie zu reduzieren.

Am Beispiel der Präzisionsausbringung von Pestiziden, die die ausgebrachten Mengen reduzieren soll, lässt sich verdeutlichen, dass sich die Potenziale der Digitalisierung mit einer Reihe von „Nebenwirkungen“ verbinden. So erfolgt z.B. die Erkennung des Schädlingsbefalls von Pflanzen oder Schlägen durch eine Bilderkennungssoftware, deren Nutzung mit einem Datentransfer zum Softwareanbieter sowie ggf. dem Verlust von Entscheidungsfreiheit beim Landwirt einhergeht. Die Etablierung großer und damit auch besonders leistungsfähiger IT-Plattformen fördert die Marktdominanz weniger Firmen und weiter wirft die Nutzung zentraler Erkennungs-, Auswertungs- und Beratungssoftware Fragen von Datenhoheit und Datensicherheit auf (Werchez Peral, 2019).

Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Pestiziden

Die **agrochemische Industrie** ist ein Oligopol internationaler Konzerne. Das Weltmarktvolumen des Pestizidmarktes lag 2017 bei über 53 Mrd. \$ (Industrieverband Agrar (IVA), 2018a) und allein die vier größten Hersteller ChemChina/Syngenta (14,5 Mrd. \$), Bayer/Monsanto (Übernahme im Juni 2018 abgeschlossen, 13,1 Mrd. \$), DuPont/Dow (9,5 Mrd. \$) und BASF (6 Mrd. \$) haben daran einen Anteil von über 80% (Heinrich Böll Stiftung, 2017). Organisiert sind die deutschen Pestizid-Hersteller im Verband der Chemischen Industrie (VCI) und im Industrieverband Agrar e. V. (IVA), in dem sich 39 Hersteller von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln zusammengeschlossen haben. Ihr Nettoinlandsumsatz lag 2017 bei knapp 1,6 Milliarden Euro (Industrieverband Agrar (IVA), 2018b). Der Inlandsabsatz von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland stagniert seit Jahren auf unverändert hohem Niveau.⁶ Neben der Pharmaindustrie ist die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln eine der forschungsintensivsten Branchen mit einem F&E-Anteil am Umsatz von ca. 12% (Bokelmann et al., 2012, S. 50). Von den umfangreichen privatwirtschaftlichen Forschungsbemühungen der Produzenten von Pflanzenschutzmitteln (wie auch Düngemitteln oder Saatgut) profitieren die Öko-Landwirte systembedingt allerdings kaum (Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), 2017).

⁶ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/pflanzenschutzmittelverwendung-in-der#textpart-2> vom 17.7.2018.

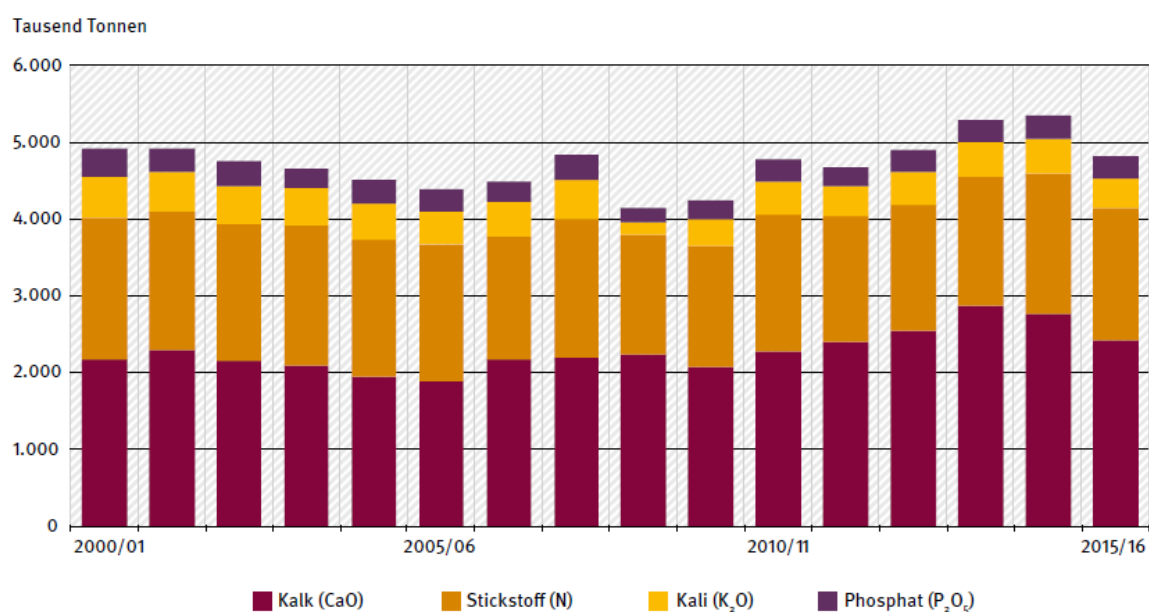
Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Düngemitteln

Die drei von der **Düngemittelindustrie** in verschiedenen Formen hergestellten Grundnährstoffe für Pflanzen sind Stickstoff, Kalium und Phosphor. „Hinsichtlich stickstoffhaltiger Mineraldünger begrenzt sich das Akteursfeld in Deutschland auf wenige Unternehmen, die ihre Produkte entweder in Form von Einzelmitteln⁷ oder Mehrnährstoffdüngemitteln liefern. Zu den größten Stickstoffproduzenten zählen Yara GmbH & Co. KG, SKW Stickstoffwerke Piesteritz, BASF SE, COMPO GmbH, Domo Caproleuna GmbH und AlzChem Trostberg GmbH. Die Produktion lag 2013 mit 1,326 Mio. t deutlich unter dem Inlandsabsatz von 1,675 Mio. t Stickstoff. Knapp die Hälfte der Produktion (2013: 0,682 Mio. t) geht in den Export, knapp zwei Drittel des Inlandsabsatzes stammt aus Importen, insbesondere aus Osteuropa“ (Tappeser & Chichowitz, 2017a).

In der Branche von Bedeutung sind auch **Düngermischbetriebe**, die Einzelnährstoffe zu Mehrnährstoffdünger verarbeiten. Die meisten Düngermischbetriebe befinden sich mit 114 Betrieben in Niedersachsen und mit 62 Betrieben in Bayern (Bundesverband der Düngermischer e.V., 2016).

Der Absatz der Düngemittelhersteller ist seit Jahren auf hohem Niveau stabil (Abbildung 6).

Abbildung 6: Inlandsabsatz von Düngemitteln nach Nährstoffarten in Deutschland



Quelle: Umweltbundesamt (Umweltbundesamt, 2018, S. 60)

Auch die Mineraldünger-Hersteller werden durch dem Industrieverband Agrar e.V. (IVA) vertreten. Die Düngermischbetriebe sind auf Bundesebene im Bundesverband der Düngermischer e. V. organisiert.

Forschung zur Zucht von Pflanzensorten

Der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V. (BDP) bündelt die Interessen seiner 130 deutschen Mitgliedsunternehmen, bei denen es sich um landwirtschaftliche und gartenbauliche Züchtungs- und Handelsunternehmen handelt. Im BDP finden sich 58 Unternehmen mit originären Zuchtprogrammen und einer F&E-Quote von 15,1%. Auch die Pflanzenzucht ist damit sehr

⁷ Zu Einfachdüngern gehören Kalkammonsalpeter, Harnstoff, Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung, Ammonsulfatsalpeter, Schwefelsaures Ammoniak und Kalkstickstoff.

forschungsintensiv. „Nach Angaben des Bundesverbandes [Deutscher Pflanzenzüchter] ... 2008/09 waren mit 2.300 Mitarbeitern rund 19 % im Bereich FuE tätig. Das Verhältnis von wissenschaftlicher zu nicht-wissenschaftlicher Arbeitskraft in der Pflanzenzucht liegt bei 1:3“ (Bokelmann et al., 2012, S. 50).

Die landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen haben sich spätestens seit den 1950er Jahren nicht zuletzt durch eine immer fokussiertere Zucht von leistungsstarken Nutzpflanzen in einer Form entwickelt, die Biodiversitätsverluste nicht nur in der „wilden Natur“, sondern auch bei den Nutzpflanzen zur Folge hatte. Beispielhaft für den Nutzpflanzenbereich machen dies Ergebnisse des Projektes „Agrobiodiversität entwickeln!“ für Weizen deutlich (IÖW et al., 2004, S. 12–4): „Die Gattung *Triticum* umfasst ca. 28 Arten mit rund 600 Varietäten. Während sich am Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland noch 7 Weizenarten mit insgesamt 58 Varietäten im Anbau befanden, waren dies Ende der 70er Jahre noch 2 Arten und 3 Varietäten. Obwohl es in den letzten Jahren einige Bestrebungen für eine Diversifizierung des Arten- und Varietätenspektrums gab, dominiert der Winter-Weichweizen in Züchtung und Anbau nach wie vor deutlich. Mehr als 90% der Weichweizensorten sind phänologisch mehr oder weniger identisch und der Varietät *lutescens* zuzuordnen.“ Die hohe Uniformität der Sorten erhöht dabei die Anfälligkeit der Bestände für Pflanzenkrankheiten und Schädlinge und führt so systematisch zu einem hohen Verbrauch an Pflanzenschutzmitteln. Das Ausmaß der Uniformität würde durch den Einsatz gentechnischer Zuchtverfahren weiter gesteigert werden.

Der agrarökonomische Komplex

Die Pflanzenzucht, die Herstellung und Nutzung von Pestiziden und hohe Mengen an Düngemitteln befindet sich in einem Lock-in. Vorherrschend ist die Produktion hochentwickelter und integrierter Technologiesysteme, typischerweise speziell gezüchtete oder gentechnisch hergestellte Pflanzensorten, deren Einsatz untrennbar mit dem Einsatz von Dünger und oft spezifischen Pestiziden verbunden ist und die kostengünstig zu produzieren und vielfach äußerst umweltschädlich sind (Tappeser & Chichowitz, 2017b). Wesentlicher Profiteur dieses Systems sind Agrarkonzerne sowie letztlich Handel und KonsumentInnen, denen profitable Geschäftsmodelle (Wirtschaft) sowie preiswerte Nahrungsmittel (KonsumentInnen) zur Verfügung stehen (Clausen & Fichter, 2017, 2018). Dieser scheinbaren Vorteilhaftigkeit stehen allerdings gravierende Nachteile zumindest für die KonsumentInnen gegenüber: Rückstände von Pestiziden in Nahrungsmitteln, ungesunde Ernährung durch falsche Preissignale und letztlich das Risiko eines ökologischen Kollaps aufgrund zusammenbrechender Biodiversität.

Die zentrale Stabilisierung des Systems erfolgt auf Basis der Grundannahme, dass die Landwirtschaft aufgrund ihres Beitrages zur Grundversorgung eine Sonderstellung im Umweltrecht hat. Diese Sonderstellung hat neben ihrer Eignung als Begründung für hohe Agrarsubventionen (die ihrerseits Pfadabhängigkeiten begründen) zur Folge, dass viele umweltbezogene Vorschriften in der Landwirtschaft bisher wenig wirksam sind, dass ein nur lückenhaftes Monitoring stattfindet und der Vollzug ebenso starke Schwächen aufweist (Clausen & Fichter, 2018; Tappeser & Chichowitz, 2017b, 2017a). Auch im aktuellen Klimaschutzbericht der Bundesregierung (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2018, S. 116) wird z.B. der Erfolg der neuen Düngeverordnung als abhängig von der konkreten Ausgestaltung des Vollzuges gesehen was darauf hinweist, dass das im Hintergrund aktive Expertengremium diesbezüglich unsicher ist.

Aus Sicht der Hersteller von Pflanzenschutzmitteln ist der Ökolandbau bezeichnender Weise ökologisch negativ zu bewerten: „Eine Ausweitung des Ökolandbaus, der im Durchschnitt hierzulande etwa die doppelte Fläche für die Produktion der gleichen Erntemenge benötigt, ist aus Gesichtspunkten des Klimaschutzes nicht empfehlenswert“ (Industrieverband Agrar (IVA),

2018b). Die Argumentation baut dabei gezielt auf Effizienz und Klimaschutz auf und nicht auf der Frage der Biodiversität, der Nährstoffkreisläufe, der Sicherung der Bodenfruchtbarkeit oder des Grundwasserschutzes.

Gründungen und Start-Ups im Agrarbereich

Eine nicht unerhebliche Anzahl von Gründungen und Start-Ups verändert die Unternehmenslandschaft im Agrarbereich. Neben einer großen Zahl von bäuerlichen Betrieben, die von Nachfolgern übernommen werden, gibt es jährlich eine hohe Zahl von Höfen, bei denen ein auf ökologische Landwirtschaft fokussiertes Geschäftsmodell neu eingeführt wird. Eine nicht unerhebliche Zahl von Start-Ups ist darüber hinaus aktiv, neue Akzente in der Agrarwirtschaft zu entwickeln. In der Gruppe von ca. 120 Start-Ups, die sich auf der grünen Gründerplattform www.start-green.net registriert haben, finden sich neben zahlreichen Gründungen mit dem Schwerpunkt ökologische und vegetarische bzw. vegane Lebensmittel auch Gründungen, die die Digitalisierung für eine ökologische Landwirtschaft erschließen und solche, die neue Konzepte wie das vertical farming vorantreiben wollen. 2016 wurde die Fachgruppe AgTech im Bundesverband Deutsche Startups ins Leben gerufen, in der eine Reihe von Start-Ups daran arbeiten, mit Landwirtschaft 4.0 den Zielkonflikt zwischen Ökologie und Versorgungssicherheit auflösen. Mit „f3“ hat der etablierte Landwirtschaftsverlag ein journalistisches Agrarportal mit Netzwerk-Charakter ins Leben gerufen. f3 thematisiert Innovationen und Start-ups aus den "grünen" Bereichen: Landwirtschaft, Ernährung, Forst und Energie (Landwirtschaftsverlag GmbH, 2019).

Lebensmittelverarbeitung, Handel und Konsumenten

Die Präferenzen der Bevölkerung bestimmen, welche Produkte Lebensmittelverarbeitung und Handel erfolgreich absetzen können. Die Art des Lebensmittelkonsums ist dabei kulturell stabil eingebunden und nur langsam veränderbar. Dennoch zeichnen sich Veränderungen ab.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft veranschlagt die Gruppe derjenigen, die sich vollständig vegetarisch ernähren auf nur 2%, sieht aber auch hier eine Verdopplung zwischen 2007 und 2012 (Clausen & Mathes, 2017). Cordts et al. (2013) finden 3,7% Vegetarier, darunter wenige Veganer, 11,6% Flexitarier (die nur selten Fleisch essen) sowie eine Gruppe von Fleischessern mit überdurchschnittlichem Gewicht und dem insgesamt höchsten Body-Mass-Index die angeben, ihren Fleischkonsum reduzieren zu wollen. Insgesamt wächst die Gruppe der Vegetarier langsam, aber stetig besonders in jüngeren Gruppen. Die Lebensmittelbranche reagiert durch den kontinuierlichen Ausbau des Angebots an Spezialprodukten, große Anbieter von Fleischprodukten nehmen zunehmend nicht nur vegetarische Alternativen in ihr Angebot auf, sondern es etablieren sich in deren Fahrwasser auch zunehmend Öko-Angebote⁸. Andere Unternehmen wie z.B. Wiesenhof erforschen die Möglichkeiten von In-Vitro-Fleisch und investieren in einschlägig aktive Start-ups (Kapalschinski, 2018).

Als zweite Tendenz ist der kontinuierliche Ausbau von Öko-Angeboten von Bedeutung. Wurden im Jahr 2000 noch für 2,05 Mrd. € Bio-Lebensmittel verkauft (BÖLW, 2008), so waren es 2016 bereits Waren im Wert von 9,48 Mrd. € (BÖLW, 2017). Der konventionelle Lebensmitteleinzelhandel setzte 2016 Bioware für 5,45 Mrd. € um, der Naturkostfachhandel für 2,85 Mrd. €.

Neue Produktangebote für Vegetarier und in Bio-Qualität wirken sich dabei nur indirekt auf die Landwirtschaft aus, indem sie die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten graduell verändern. Was dabei von der deutschen Landwirtschaft nicht bereitgestellt werden kann, wird importiert. Rahmann et al. schätzten 2013 bereits einen Importanteil von ca. 50% bei den Bio-Lebensmitteln (Rahmann et al., 2013).

⁸ Vgl. beispielhaft <https://www.ruegenwalder.de/produkte> vom 23.8.2018.

Direkte Auswirkungen auf die beteiligten Höfe hat ein in den letzten Jahren neu entstandener Vertriebsweg, die solidarische Landwirtschaft, bei der eine Gruppe von Verbrauchern auf lokaler Ebene mit einem Partner-Landwirt kooperiert. Die Verbraucher geben eine Abnahmegarantie (z.B. für 6 Monate oder ein Jahr) für einen Teil der Produktion des Landwirtes und erhalten im Gegenzug Einblick und Einfluss auf die Produktion sowie regelmäßig anteilige Warenlieferungen. Die Chance, dass sich diese Innovation weit verbreitet ist eher klein. Einem eher kleinen relativen (und letztlich immateriellen) Vorteil steht eine erhebliche Änderung des Versorgungsverhaltens, Unsicherheiten in Bezug auf Menge und Qualität der Ernte sowie ggf. auch Mehrkosten gegenüber (Clausen & Uhr, 2016). Auch Einkaufskooperativen haben sich schon vor einigen Jahrzehnten als soziale Innovation⁹ in der Nische etabliert (Bock, 2012).

⁹ Als weitere soziale Innovationen in Landwirtschaft und dem ländlichen Raum werden neben durch Biomasse oder Biogas versorgten Wärmenetzen Konzepte der Bauernhofpädagogik oder des Agrartourismus genannt (Braun, Häring & Specht, 2014).

3 Instrumente der Innovationsförderung

3.1 Indirekte Innovationsförderung durch Gestaltung des Preisrahmens

Ein stark wachsendes Marktvolumen für Produkte des ökologischen Landbaus würde einen positiven Einfluss auf die einschlägige Innovationsaktivität haben.

Der agrarökonomische Komplex beliefert einen weitgehend stabilen Markt, in dem die industrielle Landwirtschaft sowie große Zuliefer- und Handelsunternehmen preiswerte Produkte zur Verfügung stellen, die die meisten Konsumenten wertschätzen und kaufen (Clausen & Fichter, 2017). Die konventionelle Produktion baut auf Hochleistungssorten und High-Input Nutztiermassen auf und ist durch die Sonderstellung der Landwirtschaft im Umweltrecht wie auch die finanzielle Förderung der konventionellen Landwirtschaft abgesichert. Die Förderlogik beruht auf der von Wirtschaft und Politik vertretenen und durch Lobbying verstärkten Annahme, dass viele billige Nahrungsmittel wesentlicher Teil der sozialen Grundversorgung sein müssen (Clausen & Fichter, 2017). Trotz der vielfältig beklagten ungesunden Ernährung und der kontinuierlich steigenden Adipositasquote (Die Bundesregierung, 2017, S. 77) und trotz der empirisch abgesicherten Erkenntnis, dass eine große Mehrheit der Deutschen Preissteigerungen bei Lebensmitteln zugunsten eines besseren Umweltschutzes in der Landwirtschaft in Kauf nehmen würden (BfN, 2015, S. 36), kommt es kaum zu Maßnahmen, die Zusatzkosten in der Landwirtschaft verursachen und die Preise der Lebensmittel nach oben treiben würden.

Ökologische Lebensmittel werden zudem mit einem Preisaufschlag zwischen 34% (Alkoholische Getränke) und 145% (Zucker, Marmelade etc.) verkauft (Haubach & Held, 2015). Mit Blick auf den Mehraufwand des ökologischen Landbaus sind gewisse Mehrpreise gegenüber konventionellen Produkten kaum zu vermeiden. Preisreduktionspotenziale durch Economy of Scale sind bei ökologischen Lebensmitteln begrenzt und können bestenfalls aus größeren Mengen in Logistik und Vertrieb resultieren (von Koerber, 2000, S. 129). Eine Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit ökologischer Lebensmittel durch kostensenkende Innovationen scheint daher kaum möglich.

Damit stehen zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu konventionellen Agrarprodukten nur noch die Instrumente „Internalisierung externer Kosten“, „Subventionsabbau bzw. -umschichtung“ und „Förderung“ zur Verfügung. Die ersten beiden Instrumente würden zu Preissteigerungen im Markt konventioneller Lebensmittel führen. Aufgrund des erwähnten politischen Paradigmas der „preiswerten Lebensmittelversorgung“ ist hier ein erheblicher Widerstand des Landwirtschaftsregimes zu erwarten. Die Umsetzung entsprechender Maßnahmen erfordert daher eine entschlossene Politik, die vor Widerständen nicht zurückschreckt.

Dies zeigt beispielhaft ein im Januar 2017 erfolgter Vorstoß des Umweltbundesamtes zur Einführung des regulären Mehrwertsteuersatzes auf tierische Produkte (Umweltbundesamt (Hrsg.), 2016), der innerhalb weniger Tage an der Phalanx des technisch-institutionellen Komplexes der Landwirtschaft gescheitert ist (Clausen & Mathes, 2017). Seither plädiert das Umweltbundesamt weiter dafür, die Mehrwertsteuerbegünstigung für Fleisch und andere tierische Produkte abzuschaffen und den regulären Steuersatz von 19 % auch auf diese Produkte zu erheben. Eine Mehrbelastung der Bevölkerung könnte durch ein Absenken des ermäßigten Mehrwertsteuersatzes von 7 Prozent abgewendet werden (Umweltbundesamt, 2017). Gegenargumente bauen teils auf der sozialen Frage auf (Dettmer, 2019), andererseits fürchten sie eine teilweise nicht intendierte Lenkungswirkung zulasten von Ökobauern, da der prozentuale Aufschlag sich bei teurem Ökofleisch stärker auswirkt als bei Billigfleisch und so der Preisunterschied nochmals größer

werden würde (Balser, 2019). Auch Exporte wären von einer höheren Mehrwertsteuer nicht betroffen, so dass die Wirksamkeit einer höheren Steuer mit Blick auf Tierbestände und Tierwohl ebenfalls angezweifelt werden (Balser, 2019).

Die Förderung bzw. Subventionierung ökologischer Agrarprodukte (über die Förderung bestimmter Landbaumethoden im Rahmen der 2. Säule der gemeinsamen Agrarpolitik hinaus) würde aufgrund des Mengeneffektes zu enormen Kosten führen und käme u.U. auch mit dem EU-Recht in Konflikt.

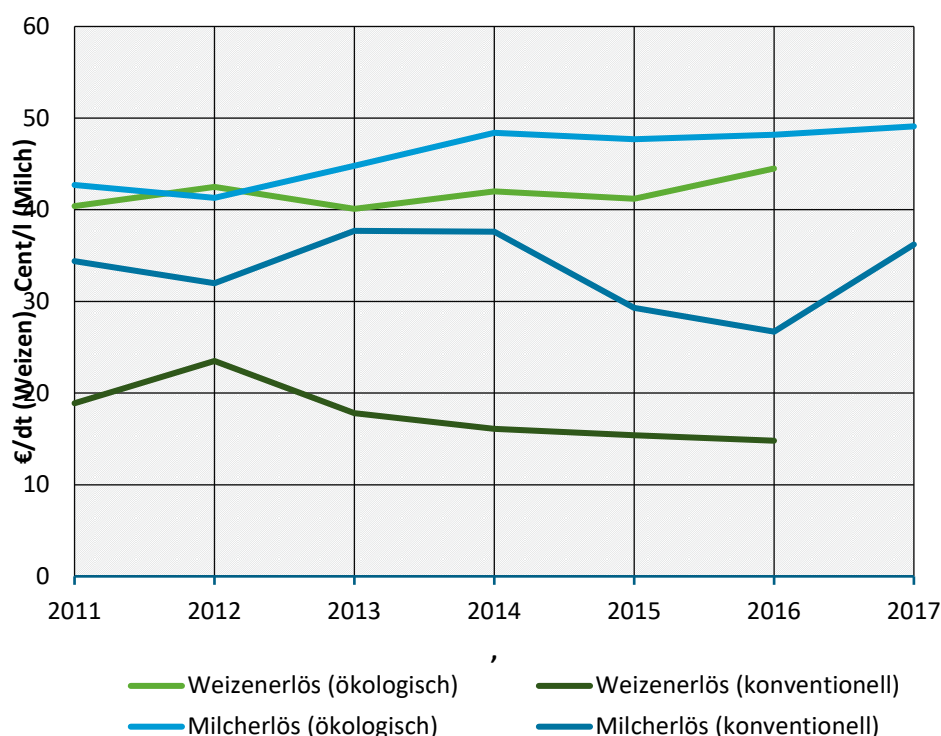
Eine planmäßige Gestaltung des Preisrahmens im Lebensmittelmarkt zugunsten ökologischer Produkte scheint daher schwer und nur gegen starke Widerstände umsetzbar.

3.2 Indirekte Innovationsförderung durch Ordnungsrecht

Ordnungsrechtliche Anforderungen führen häufig zu Mehraufwänden und damit implizit zu einer gewissen Internalisierung der Umweltkosten sowie parallel zu einer Reduktion der Umwelteffekte. Dies ist auch in der landwirtschaftlichen Produktion der Fall. Hirschfeld (2006, S. 133) sieht, dass aus Umweltauflagen Kostensteigerungen im Bereich der Düngung, des Pflanzenschutzes und des Tierschutzes resultieren. Die aus den umweltrechtlichen Anforderungen folgenden höheren Kosten und Aufwände reduzieren den Deckungsbeitrag der Betriebe. Diese Änderungen der Deckungsbeiträge schätzt Hirschfeld (2006, S. 133) wie folgt ab:

- ▶ Düngeverordnung - 2,0 %
- ▶ Pflanzenschutzgesetzgebung - 1,0 %
- ▶ Tierschutzgesetzgebung - 0,9 %
- ▶ Bauauflagen - 0,2 %

Kumuliert sieht er so eine Reduktion des Deckungsbeitrags um 4,1%, was bei durchschnittlichen Deckungsbeiträgen von ca. 40% einer Kostensteigerung von ca. 1,6% entsprechen würde. Aufgrund geänderter Gesetzeslage könnten diese Werte seither gestiegen sein. Aktuelle Untersuchungen sind allerdings nicht bekannt und auch gestiegene Mehrkosten dürften den Preisnachteil der Produkte des ökologischen Landbaus nicht ausgleichen. Im Durchschnitt der letzten 6 Jahre waren die Erzeugerpreise für Milch um ca. 35% höher als konventionell, die für Weizen gar um 135% (Abbildung 7).

Abbildung 7: Erzeugerpreise im ökologischen und konventionellen Landbau


Quelle: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2018)

Inwieweit es in Zukunft gelingt, durch ordnungsrechtliche Maßnahmen die Entwicklung neuer Verfahren für den Landbau oder die Verbreitung bestehender umweltverträglicher Verfahren zu erreichen ist in erheblichem Maße abhängig von der Höhe der vom Ordnungsrecht ausgehenden Anforderungen. Die 2017 unter dem Druck der Landwirtschaftsverbände nur wenig verschärfte Düngeverordnung musste 2019 auf Druck aus Brüssel hin nachgearbeitet werden (top agrar online, 2019), was aber aus Sicht der ökologischen Landbauverbände nach wie vor keineswegs ausreicht, um wesentliche Verbesserungen im Stickstoffkreislauf zu erreichen (BÖLW, 2019b). In ähnlicher Weise zieht sich die zum Schutz der Artenvielfalt dringend nötige Verschärfung der Vorschriften zu Zulassung und Verwendung von Pestiziden in die Länge. So will die Landwirtschaftsministerin bei der Frage des Verbots von Glyphosat als nächstes bis 2022 abwarten (ZEIT ONLINE, 2019).

3.3 Gründungs- und Start-Up Förderung in der Agrarwirtschaft

Die Gründung landwirtschaftlicher Betriebe, von denen ein immer kleinerer Teil vererbt wird und stattdessen in die Hände von Jungbauern als Unternehmensgründer übergeht, führt zwar nicht zu Innovationen, bietet aber Chancen zur Verbreitung neuer Geschäftsmodelle, Verfahren und Technologien. Beratung zur Hofübernahme bieten zum Beispiel Landwirtschaftskammern, Ämter oder Beratungsringe, aber auch der Handel, die Industrie, Bildungseinrichtungen oder Forschungsinstitute (dlz agrarmagazin & Bund der Deutschen Landjugend (BDL), 2015).

In branchenoffenen Wettbewerben und Förderprogrammen fallen Agrar Gründungen in den letzten Jahren immer wieder auf. Der Green Economy Gründungsmonitor 2017 fand einen Anteil von 17% von Gründungen zu nachhaltiger Ernährung und Landwirtschaft an allen grünen Gründungen (Trautwein, Fichter & Bergset, 2018). Der Start-Green Award 2017 ging in der Kategorie

Gründungskonzept u.a. an das Start-Up SeedForward (Osnabrück, Niedersachsen) für ihre organische adaptierbare Saatgutbeschichtung¹⁰. Im Gründungswettbewerb der Region Hannover gewann 2016 das Team von PEAT (Progressive Environmental & Agricultural Technologies) mit moderner Bilderkennung und selbstlernenden Algorithmen zur Bestimmung von Pflanzenkrankheiten in der Smartphone-App PLANTIX eine Reise ins Silicon Valley. Über 130 Krankheiten, Schädlinge und Nährstoffmängel kann PLANTIX mittels Bilderkennung diagnostizieren. Anschließend stehen Tipps zur Behandlung und Prävention zur Verfügung. So kann u.U. auch der Gebrauch von Pestiziden reduziert werden. Verschiedene Business Angels haben eine siebenstellige Summe in PEAT investiert.¹¹ Mit dem Begriff AgTech werden seit einigen Jahren solche Technologiegründungen rund um die Landwirtschaft beschrieben. In ersten Akzeleratoren werden diese StartUps gefördert:

- ▶ Mit Mitteln aus der Wirtschaft wie auch mit niedersächsischen Landesmitteln wird seit Sommer 2018 der Akzelerator „Seed House“ in Osnabrück für zwei Jahre finanziert, der in dieser Zeit das Ziel hat, 12 StartUps aus den Bereichen Agrar, Ernährung und Digitalisierung zu unterstützen. Im Fokus steht hier besonders auch die Vermittlung von Beteiligungen.¹²
- ▶ Die Schlossgut Alt Madlitz GmbH & Co. KG in Briesen (Mark) stellt freiwillig und privat Startups Versuchsflächen zur Verfügung oder beteiligt sich an Forschungsprojekten. In Form der web-basierten Programme „365Farmnet“ und „Mofato“ werden dort Lösungen für die ökologische Landwirtschaft erarbeitet.¹³
- ▶ Das Wiener „Agro-Innovation Lab“ von BayWa AG und Raiffeisen Ware Austria AG sucht in Österreich nach Innovationen in den Feldern Landtechnik, Bewässerung, Smart wie auch Urban Farming, Big Data und Decision Support Systems und auch der biologischen Landwirtschaft¹⁴.

Die Förderung von Agrar-Innovationen durch Start-Ups wird bisher nicht aus regelmäßigen Geldquellen unterstützt.

Ordnet man die Akteure des Innovationssystems Landwirtschaft den geografischen Regionen und den Innovationsphasen zu, ergibt sich folgende Abbildung 8:

¹⁰ Vgl. <https://start-green.net/netzwerk/gruenes-startup/seedforward/> vom 24.8.2018.

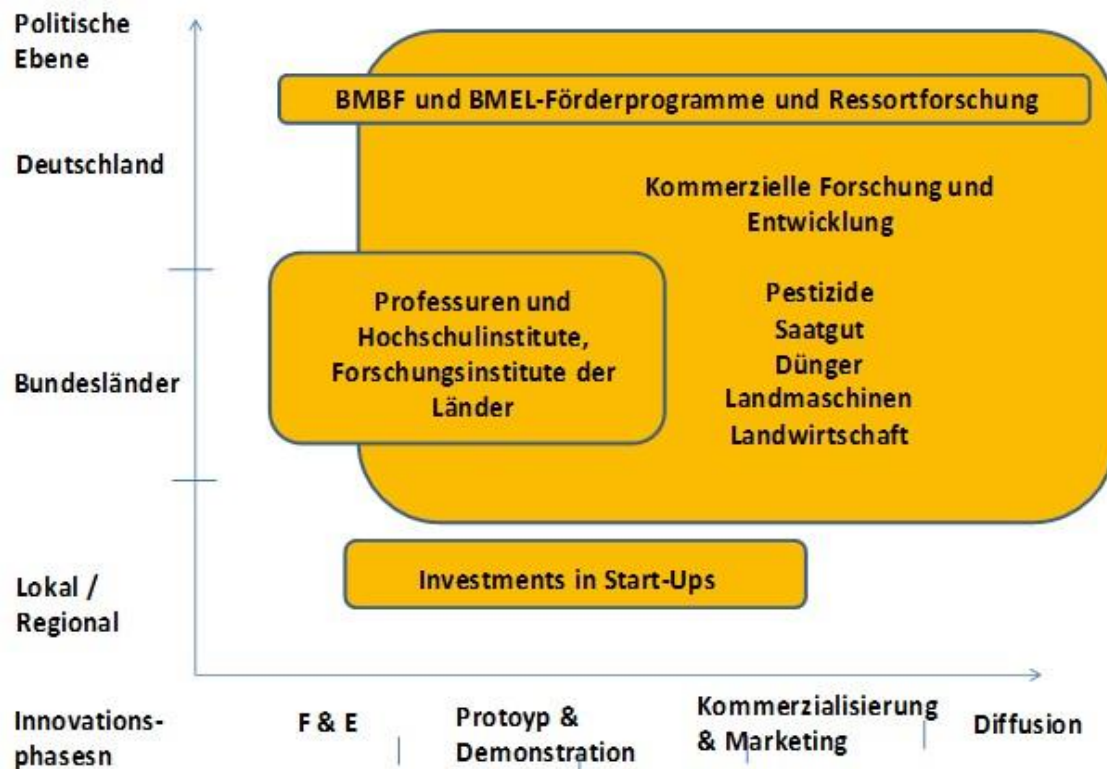
¹¹ Vgl. <https://www.deutsche-startups.de/2017/04/13/millionensumme-fuer-pflanzenretter-app/> vom 24.8.2018.

¹² Vgl. <http://www.seedhouse.rocks/> vom 30.8.2018.

¹³ Vgl. <https://berlinvalley.com/landwirtschaft-agtech/> vom 29.8.2018.

¹⁴ Vgl. <https://www.agroinnovationlab.com/de/story/> vom 28.8.2018.

Abbildung 8: Akteure des Innovationssystems Landwirtschaft nach politischer Ebene und Innovationsphasen



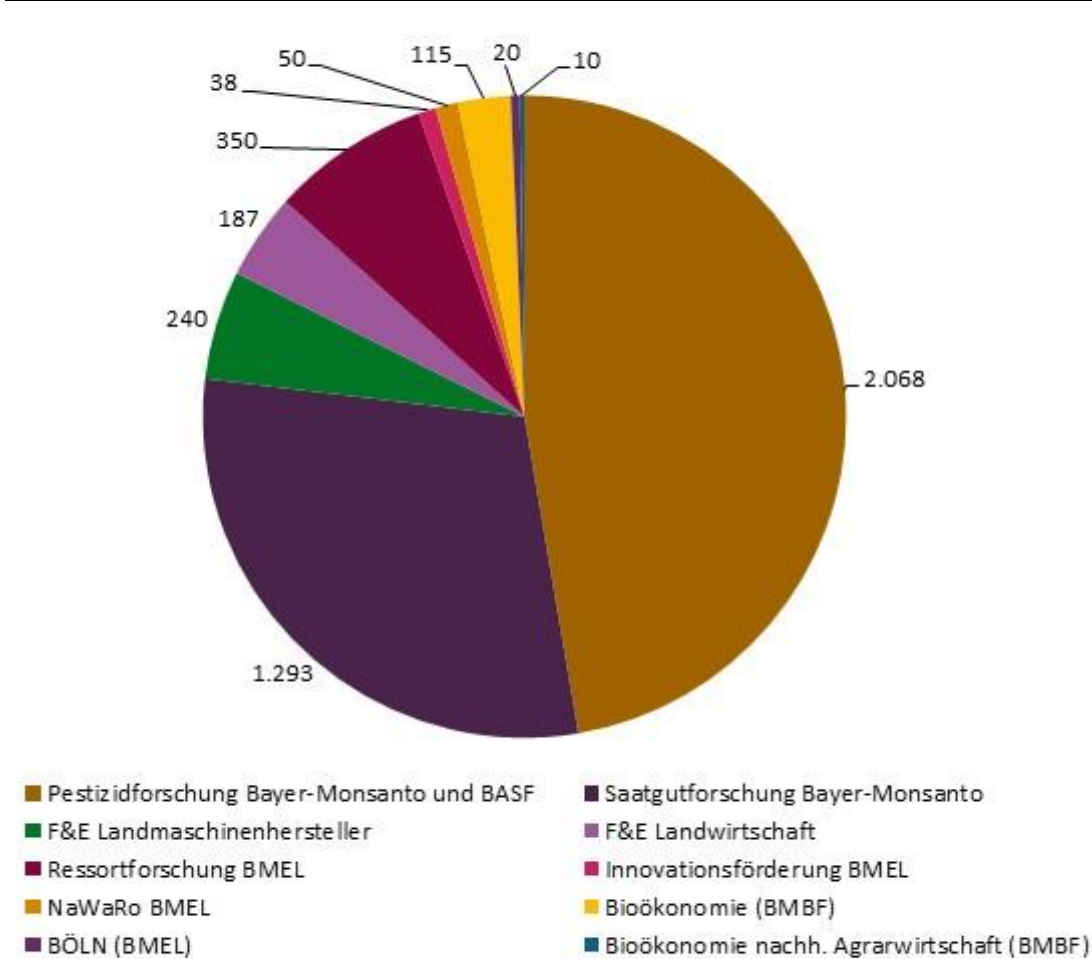
Quelle: Borderstep

Es dominiert die kommerzielle F&E. Die beiden wesentlichen anderen Akteure sind das BMEL mit seiner Ressortforschung und einigen Förderprogrammen, unterstützt durch das BMBF, sowie die durch die Bundesländer finanzierten Universitäten und Hochschulen. Einzelne Investments erfolgen in Start-Ups.

3.4 F&E-Förderung im Kontext der Aktivitäten der Agrarwirtschaft

Insgesamt werden von politischen und wirtschaftlichen Akteuren in Deutschland jährlich ca. 4,37 Mrd. € in die Agrarforschung investiert, davon ca. 583 Mio. € (13,3%) öffentliche Mittel und von diesen ca. 30 Mio. € (0,7%) mit dem Ziel der Förderung des nachhaltigen Landbaus. Von den öffentlichen Forschungsmitteln fließen damit bis zu 5% anteilig in Projekte für den ökologischen Landbau. Abbildung 9 stellt die Verteilung der Summe im Überblick dar.

Abbildung 9: Jährliche Investitionen deutscher Akteure in die Agrarforschung in Mio. €



Quelle: Borderstep, Umrechnung 1,16\$ = 1 Euro

Das Hauptstandbein der Innovation in der Landwirtschaft sind die F&E-Aufwendungen der deutschen Agrarkonzerne. Allein aus den Zentralen von Bayer-Monsanto und BASF werden (weltweite) F&E Aufwendungen für die Pestizidforschung und -entwicklung in Höhe von ca. 2,4 Mrd. \$ und in der Saatgutforschung von ca. 1,5 Mrd. \$ gesteuert.¹⁵

Unter der Annahme, dass die Hersteller von Landmaschinen eine für den VDMA durchschnittliche F&E Quote von 2,4 % erreichen (VDMA, 2016, S. 12) können für die Herstellung von Landmaschinen F&E Aufwendungen der Unternehmen von ca. 240 Mio. € geschätzt werden. Der staatliche Finanzierungsbeitrag zu dieser privatwirtschaftlichen Forschung ist dabei in Deutschland im internationalen Vergleich eher niedrig und eine steuerliche Förderung der F&E der Unternehmen erfolgt nicht (VDMA, 2016, S. 13).

Die F&E Aufwendungen der Landwirtschaft beziffern Bokelmann et al. (2012, S. 43) auf 187 Mio. € in 2010. Das F&E-Personal im Sektor geben Bokelmann et al. mit ca. 1.200 Vollzeitäquivalenten an, die F&E Quote mit ca. 0,7 % (Bokelmann et al., 2012, S. 44).

Die Ressortforschung des BMEL wird mit ca. 350 Mio. € p.a. aus dem Haushalt des BMEL finanziert (Wissenschaftsrat, 2017, S. 8). Primär fließen diese Mittel in die vier großen Institute mit

¹⁵ Der Wert errechnet sich auf Basis der Umsätze mit Pflanzenschutzmitteln in Höhe von 14,2 Mrd. \$ bei Bayer-Monsanto und 6 Mrd. \$ bei der BASF (Heinrich Böll Stiftung, 2017) sowie des F&E Anteils am Umsatz von ca. 12% (Bokelmann, Doernberg, Schwerdtner, Kuntosch & Busse, 2012, S. 50) sowie auf Basis der Umsätze mit Saatgut in Höhe von 10,2 Mrd. \$ bei Bayer-Monsanto (Heinrich Böll Stiftung, 2017) und einer F&E-Quote in der Pflanzenzucht von 15,1% (Bokelmann et al., 2012, S. 50).

ca. 4.000 Beschäftigten (vgl. Abschnitt 2.1). Ein Anteil von ca. 4 Mio. € fließt in die Ökolandbau-forschung (Rahmann et al., 2013).

In 2017 flossen seitens des BMEL ca. 20 Mio. Euro für Projekte im Rahmen des Bundespro-gramms Ökolandbau und andere nachhaltige Bewirtschaftungsformen sowie 50 Mio. Euro p.a. für nachwachsende Rohstoffe.¹⁶ Das allgemeine Programm des BMEL zur Innovationsförderung hat ein Volumen von ca. 38 Mio. € p.a. und wurde seit 2012 nicht verändert (Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung, 2012).

Aufgabe des Bundesprogramms ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Land-wirtschaft (BÖLN) ist die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau sowie im Bereich der nachhaltigen Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung von landwirtschaftlichen Produk-ten. Im Bundesprogramm Ökolandbau können F&E Projekte im Rahmen der jeweils laufenden Bekanntmachungen beantragt werden. Gegenwärtig (August 2018) ist nur eine Bekanntma-chung „offen“:

- ▶ Weiterentwicklung des Kontroll- und Zertifizierungssystems und Stärkung gesellschaftlicher Ziele im Ökologischen Landbau.

Auch im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ können F&E Projekte im Rahmen der jeweils laufenden Bekanntmachungen beantragt werden. Gegenwärtig (August 2018) sind sieben Bekanntmachungen „offen“:

- ▶ Ausbau der Material- und Energieeffizienz in der Holzverwendung,
- ▶ Kleinprivatwald – Innovationen zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung,
- ▶ Neue Wege gesucht: Innovative aquatische Wertschöpfungsketten,
- ▶ Minderung von Treibhausgas-relevanten Emissionen beim Betrieb von Biomassekonversi-onsanlagen,
- ▶ Forstwirtschaft 4.0 – Digitalisierung und nachhaltige Technikentwicklung,
- ▶ Stärkung der landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffverwertung für die Biogaserzeugung,
- ▶ Erhalt der Gemeinen Esche als Wirtschaftsbaumart.

Im allgemeinen Programm des BMEL zur Innovationsförderung sind gegenwärtig (August 2018) keine Bekanntmachungen offen.

Die „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ zielt auf Innovationen in fünf wesentli-chen Handlungsfeldern: die weltweite Ernährung sichern, Agrarproduktion nachhaltig gestalten, gesunde und sichere Lebensmittel produzieren, nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen so-wie Energieträger auf Basis von Biomasse. Jährlich werden für die Strategie Projekte mit einem Umfang von ca. 100 bis 150 Mio. € neu bewilligt (Bundesministerium für Bildung und Forschung & Fraunhofer ISI, 2017, S. 30). Der Förderschwerpunkt liegt auf Projekten zu nachwachsenden Rohstoffen sowie bei Plattformtechnologien und Analyseverfahren. Das Fördervolumen des The-mas „nachhaltige Agrarproduktion“ liegt bei ca. 10 Mio. € p.a. (Bundesministerium für Bildung und Forschung & Fraunhofer ISI, 2017, S. 45).

¹⁶ Angaben auf www.bmel.de vom 7.8.2018.

Im Rahmen des Förderprogramms „BioÖkonomie“ können F&E Projekte im Rahmen der jeweils laufenden Bekanntmachungen beantragt werden. Gegenwärtig (August 2018) sind sechs Bekanntmachungen „offen“, von denen jedoch keine das Feld „nachhaltige Agrarproduktion“ adressiert. Der Schwerpunkt der BMBF-Idee der Bioökonomie ist von der Idee einer umweltverträglichen Landwirtschaft ohnehin weit entfernt. Der Begriff der „Nachhaltigkeit“ wird vom BMBF zunächst meist im Kontext eines „nachhaltigen Wachstums“ verwendet (BMBF, 2014) und im Wesentlichen zur Begründung der Forschung zu neuen Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen genutzt. Die wünschenswerte Art der Landwirtschaft wird zwar ebenfalls mit dem Begriff „nachhaltig“ belegt, dessen konkrete Bedeutung aber nicht näher ausgeführt. Zur Forschung für den ökologischen Landbau wird auf das BÖLN verwiesen (BMBF, 2014, S. 80). Die Unbedarftheit, mit der sich das BMBF Ziele der ökologischen Landwirtschaft erschließt, wird z.B. an der Beschreibung der Problematik der Agrobiodiversität deutlich. Hier heißt es „Zu Beginn der Nutzung einer Pflanzenart oder einer Tierrasse durch den Menschen wurden oftmals nur wenige Spezies domestiziert und zur Weiterzucht ausgewählt“ (BMBF, 2014, S. 84), eine Einschätzung, die von der wirklichen Geschichte der Tier und Pflanzenzucht weit entfernt ist. Diese basierte von den Anfängen bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts auf einer Vielzahl von meist regionalen Varietäten und Landrassen. Durch die staatlich organisierte Zucht stieg zu Beginn des 20. Jahrhunderts zwar die Leistung, dies war aber Ergebnis eines planmäßigen „Kampfes gegen den Sortenwirrwarr“ (Voss & Breuninger, 1942, S. 7) und es wurden zunehmend leistungsschwache Sorten und Rassen ausgeschlossen. Mit der Erfindung der Hybridzucht begann dann in den 1940er Jahren eine Phase der Privatisierung und Industrialisierung der Zucht, deren Ergebnis die heute zu beobachtende Erosion der Vielfalt ist (IÖW et al., 2004). Die Wirkung des Forschungsprogramms Bioökonomie in der gegenwärtigen Form dürfte eher zu einem erhöhten Nachfragedruck auf die Landwirtschaft und damit zu einer Verschärfung der Umweltprobleme führen.

Die Bioökonomie ist auch ein Begriff der neuen Hightech-Strategie (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2018), die aber noch einen anderen wichtigen Ansatzpunkt bietet, Forschung zum ökologischen Landbau in BMBF-Programmen zu verankern. Dieser Ansatzpunkt beruht auf der neuen Missionsorientierung der Strategie. Hierzu heißt es: „Unser Ziel sind technologische und nichttechnologische einschließlich sozialer Innovationen, bei denen der Nutzen für den Menschen im Mittelpunkt steht. Dazu entwickeln wir Missionen und setzen uns ganz konkrete Ziele, hinter denen wir Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft vereinen“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2018, S. 4). Eine der Missionen ist es, die biologische Vielfalt zu erhalten:

„Unsere **Mission: Biologische Vielfalt erhalten**. Im Zusammenwirken mit Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft wollen wir dem Verlust der Biodiversität entgegenwirken. Wir werden eine neue forschungsgetriebene Leitinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt auf den Weg bringen, um so neue Aufmerksamkeit für die Bedeutung und den Wert von biologischer Vielfalt zu erreichen. Mit innovativen Instrumenten und belastbaren Indikatoren soll der Verlust der Artenvielfalt genauer gemessen und bewertet werden. Handlungsoptionen für den politischen und gesellschaftlichen Kontext und innovative Maßnahmen gegen den Verlust der biologischen Vielfalt werden bereitgestellt. Damit wollen wir insbesondere dazu beitragen, das Insektensterben zu stoppen“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2018, S. 22). Hier bietet sich eine neue Möglichkeit, mit guten Argumenten Projekte zu verankern, die „innovative Maßnahmen gegen den Verlust der biologischen Vielfalt“ anstreben.

Unter den 246 bis August 2018 laufenden und abgeschlossenen Projekten, die seit dem Jahr 2000 mit Mitteln des Umweltinnovationsprogramms des BMU gefördert wurden, findet sich exakt eines welches sich auf ein landwirtschaftliches Thema bezieht: ein „Verfahren zur Be- und

Entlüftung eines Maststalles mit Frischluftzufuhr über Deckenkanäle“¹⁷. Eine Recherche in der Umweltforschungsdatenbank UFORDAT ermittelte mit dem Stichwort „Landwirtschaft“ für die finanzierende Institution „Umweltbundesamt“ mit Förderbeginn im Jahr 2000 oder später ca. 120 Projekte, unter denen die Thematiken „Pflanzenschutzmittel“, „Düngung“, „Gewässer“, „Tierhaltung“, „Gentechnik“ und „Bodenschutz“ am häufigsten genannt wurden. Aufgabengemäß sind die Projekte eher auf Ermittlung und Bewertung ökologischer Auswirkungen gerichtet und können insoweit nicht der Innovation zugerechnet werden.¹⁸

¹⁷ Vgl. https://www.umweltinnovationsprogramm.de/projekte?field_checkbox_project_status_value=1&sorter=created&sort_by=created&sort_order=DESC&page=1 vom 14.8.2018.

¹⁸ Vgl. [http://doku.uba.de/aDISWeb/app.jsessionid=19289C1F6AC70F84B7F061FEFE7AD802?service=direct/1/POOLUBAN@@@@@@@@ 4B002E00 34EB7600/\\$Tree.treeNodes&sp=SV2&requestCount=0](http://doku.uba.de/aDISWeb/app.jsessionid=19289C1F6AC70F84B7F061FEFE7AD802?service=direct/1/POOLUBAN@@@@@@@@ 4B002E00 34EB7600/$Tree.treeNodes&sp=SV2&requestCount=0) vom 15.8.2018.

4 Stärken und Schwächen der Innovationsförderung für den Ökolandbau

Die Entwicklung von Innovationen rund um den ökologischen und nachhaltigen Landbau in Deutschland wird getragen von Unternehmen, den ökologischen Landbauverbänden, kleinen Stiftungen (wie z.B. der Zukunftsstiftung Landwirtschaft oder der Schweisfurth-Stiftung) sowie engagierten Einzelpersonen und Einzelwissenschaftlern an verschiedenen Hochschulen. Die einzigen größeren Einheiten der Forschung sind der Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel in Witzenhausen sowie das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau in Trendhorst. Ca. 35 Professuren vertreten an verschiedenen Hochschulen Themen aus dem Ökolandbau (Rahmann et al., 2013).

Der BÖLW sieht eine besondere Bedeutung öffentlicher Forschung im Bio-Bereich. Das System des Ökolandbaus baut stark auf wissensintensiven Verfahren auf und verzichtet weitgehend auf den Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln. Systembedingt profitiert die Ökolandwirtschaft daher kaum von den umfangreichen privatwirtschaftlichen Forschungsbemühungen der Produzenten von Pestiziden und Düngemitteln und dem auf den Einsatz dieser Mitteln abgestimmten Saatgut (Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), 2017, S. 13).

Insgesamt schätzen Rahmann et al. (2013), dass in Deutschland über 400 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einschlägig arbeiten und rund 70 Millionen € pro Jahr an Finanzmitteln (inklusive Personalmitteln) in die Forschung zum Ökolandbau fließen. Damit sehen Rahmann et al. die Forschung für den Ökolandbau in Deutschland als weltweit führend.¹⁹

Im Zeitraum 2014 bis 2016 wurde koordiniert durch die Deutsche Agrarforschungsallianz von Vertretern aus Wissenschaft, Administration und Wirtschaft ein Strategiekonzept erarbeitet, das den möglichen Beitrag der deutschen Agrarforschung zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der ökologischen Lebensmittelwirtschaft beschreibt. Es soll der Branche dabei helfen, ihrem Anspruch als besonders nachhaltige Wirtschaftsform vorbildhaft gerecht zu werden.²⁰ Die Ergebnisse der Arbeit wurden durch Hamm et al. (2017) in Form einer Forschungsstrategie publiziert.

4.1 Finanzielle Ressourcen für Innovationen in der ökologischen Landwirtschaft

Eine offensichtliche Schwäche ist das niedrige Volumen, welches für die Förderung der Innovation im ökologischen und nachhaltigen Landbau zur Verfügung steht. Die Schwäche benennen auch Hamm et al. (2017), allerdings ohne sie zu quantifizieren.

In Abschnitt 3 wurde der Anteil der Ökolandbauforschung an der deutschen öffentlichen Agrarforschung auf 5% geschätzt. Die Zeitschrift Ökologie und Landbau rechnete 2013 einen noch niedrigeren Wert aus: Die institutionelle Förderung des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau von ca. 3 Mio. € p.a. sowie eine Projektförderung von ca. 8 Mio. € p.a. führen hier zu der Schätzung eines Anteils von nur 2,2% am damaligen Forschungsbudget des BMEL von 494 Mio. € (Ökologie und Landbau, 2013). Rahmann et al. (2013) summieren die Förderprogramme, Teile der Ressortforschung, Lehrstühle und Forschungseinrichtungen der Länder sowie sonstige Forschungsmittel auf und kommen auf ca. 71 Millionen € p.a.. Sie beziehen diesen Wert auf ca. 5

¹⁹ Weltweit schätzen sie etwa 1.000 in der Öko-Landbauforschung aktive Personen und ca. 250 Mio. € p.a. Forschungsmittel (Rahmann, Kühne & Töpfer, 2013).

²⁰ Vgl. http://www.dafa.de/no_cache/de/startseite/fachforen/oekologische-lebensmittelwirtschaft.html vom 17.8.2018.

Mrd. € Agrarforschung insgesamt, also ca. 1,4%, und stellen fest, dass dieser Wert angesichts eines Öko-Lebensmittelmarktanteils von 3,3%, eines Flächenanteils von 6,3% und eines Anteils an landwirtschaftlichen Betrieben von 7,7% unterdurchschnittlich ist. Der Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW) (2017) schätzt den Anteil aktuell ebenfalls auf 1,5%.

Der BÖLW weist implizit darauf hin, dass auch der Ökolandbau mit seinen spezialisierten Verfahren, Beratungs- und Wissensmanagementkonzepten wie auch Technologien eine potenzielle Stärke des Innovations- und Technologiestandortes Deutschland darstellt. Gerade angesichts der hohen Dynamik in Frankreich, Österreich, Dänemark oder Tschechien sollte daher die Innovationsaktivität in Deutschland intensiviert werden, um die sich hier andeutenden Zukunftsmärkte auch für den Export erschließen zu können (Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), 2017, S. 14).

Die grüne Bundestagsfraktion fordert daher konkret, dass 20% der Agrarforschungsgelder des Bundes in den Ökolandbau gehen sollten²¹, was eine Aufstockung des Budgets auf ca. 120 Mio. € p.a. bedeuten würde.

Mit Blick auf die Zielsetzung der Bundesregierung, den Flächenanteil des ökologischen Landbaus auf ca. 20% in 2030 zu steigern, wäre aber vermutlich sogar notwendig, Innovationen zum ökologischen Landbau überproportional zu fördern, also z.B. mit ca. 30% der öffentlichen institutionellen wie Projektfördermittel bzw. ca. 200 Mio. € p.a.

Kurzfristig ist diese Steigerung aber kaum umsetzbar, da vermutlich weder Infrastrukturen wie auch einschlägig kompetente Personen in hinreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Wesentlich wäre also eine strategisch geplante Steigerung der Projektmittel, so dass einschlägige Institute Ausbaustrategien anstoßen können. Parallel dazu sollten die Kapazitäten der Ressortforschung ebenfalls stärker auf Ökolandbau fokussiert werden.

4.2 Anforderungen der Komplexität des Ökolandbaus an Förderstrukturen

Der ökologische Landbau ist kein Ansatz der Effizienz sondern einer der Konsistenz. Sein Ziel ist, eine landwirtschaftliche Primärproduktion im Einklang mit der Natur und ohne negative Auswirkungen auf Boden, Wasser, Luft sowie die wilde Fauna und Flora zu betreiben. Ein weiteres Ziel ist die Ressourceneffizienz. Es ist also notwendig, dass die Landwirte die natürlichen Ressourcen, über die sie verfügen, möglichst kenntnisreich und effizient nutzen.

Ein wesentlicher und grundlegender Beitrag der Wissenschaft zur Ermöglichung von umweltpolitischen Fortschritten in der Landwirtschaft besteht weiter in einer kontinuierlichen und systematischen Erfassung von Ökosystemzuständen. Sowohl privat erhobene als auch öffentlich generierte Daten sollten in eine Datenbank einfließen und diese sollte für alle Beteiligten transparent zur Nutzung bereitstehen. Auf Basis exakter Kenntnis der Ökosystemzustände wird es möglich, bedarfsgerechter, genauer und umweltschonender Landwirtschaft zu betreiben, aber auch die Bedeutung einzelner Innovationen oder der Systeminnovation des ökologischen Landbaus genauer zu beurteilen und wirksame Politiken zur Unterstützung der Diffusion von Innovationen zu begründen und zu entwickeln. Die Studie des Thünen-Instituts zu den Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft (Sanders & Heß, 2019) gibt einen Eindruck von der notwendigen Breite der Daten. Die digitale Erfassung, Sammlung und Auswertung von Daten kann dabei hilfreich sein, wobei die Wahrung des Datenschutzes zu regeln ist.

Die erforderlichen Innovationen basieren in der Regel nicht auf eindimensionalen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, bei denen bestimmte Maßnahmen oder spezifische Abhilfemaßnahmen angewandt werden können, um Leistungssteigerungen zu erreichen. Der klassische lineare

²¹ Vgl. <https://www.gruene-bundestag.de/agrar/oekolandbau-konsequent-ausbauen.html> vom 16.8.2018.

Ansatz der forschungsunterstützten Innovation, bei dem eine Technologie an erster Stelle steht, die in einer privaten oder öffentlichen Forschungseinrichtung entwickelt wird um dann in der breiten Praxis umgesetzt zu werden, greift zu kurz (Hamm et al., 2017).

Das Strategiekonzept für den Ökolandbau der Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA) weist in diesem Kontext darauf hin, dass zur Beherrschung der hohen Komplexität die Forschungs- und Innovationsprojekte (Hamm et al., 2017):

- ▶ der intensiven Kooperation zwischen Forschung und Praxis bedürfen und die Praxis dabei nicht nur als „Umsetzer“ der Forschung zu sehen ist, sondern als Ideenquelle und Ko-Experimentator; Bock (2012) ordnet eine solche F&E den sozialen Innovationen zu,
- ▶ den Test der vorgeschlagenen neuen Verfahren oder Technologien über mehrere Vegetationsperioden erfordern und insoweit
- ▶ im Rahmen der üblichen, auf 3 Jahre angelegten Projektförderung häufig an Grenzen stoßen.

Als beispielhafte Themen einer auf Produktivität und Nachhaltigkeit (im komplexen Kontext der Natur) gerichteten Forschung für den ökologischen Landbau führt der BÖLW beispielhaft an (Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW), 2017, S. 13):

- ▶ Forschung zu intelligenten Anbausystemen mit vielfältigen Fruchtfolgen oder Mischkulturen bis hin zu Agroforstsystemen,
- ▶ Forschung zu modernen Hightech-Pflanzenschutzverfahren wie etwa solarbetriebenen Jät-Robotern sowie
- ▶ Forschung zu einer effizienten, gesellschaftlich anerkannten Öko-Tierhaltung mit regional und klimatisch angepassten Rassen.

Als institutionelle Basis eines solchen Forschungsprogramms sieht der BÖLW (2017, S. 14) die Aufgabe der Schaffung einer langfristig gesicherten Struktur, „die Wissenschaftler aus verschiedenen Forschungsdisziplinen und –Institutionen sowie Unternehmen aus der gesamten Wertschöpfungskette miteinander verbindet. Ein solches ‚Exzellenz-Netzwerk für Ökosystemare Agrarforschung‘ kann dafür sorgen, dass Forschungsansätze und wissenschaftliche Arbeiten von Spezialisten und Praktikern verschiedener Disziplinen gemeinsam konzipiert und durchgeführt werden.“

Hamm et al. sehen darüber hinaus einen Bedarf (Hamm et al., 2017):

- ▶ an interdisziplinärer Forschung, wobei die Teilnahme landwirtschaftlicher Erwerbsbetriebe ein Problem darstellt, weil ihre Teilnahme an Forschungsprojekten nicht zu eigenen neuen Produkten führt (wie in Produktionsbetrieben) und sich damit die Frage des Eigenanteils neu stellt,
- ▶ Modellregionen, in denen die Umstellung eines großen Teils der landwirtschaftlichen Betriebe angereizt und erprobt wird und parallel dazu versucht wird, den Bio-Anteil im Lebensmittelabsatz fokussiert regional zu erhöhen,
- ▶ bundesfinanzierte Lehrstühle nach Artikel 91b der Verfassung.

Mit Blick auf die universitäre Forschung wird beklagt, dass es bisher nur eine Fakultät gibt, die wirklich relevant für die Forschung zum ökologischen Landbau ist (Kassel Witzenhausen). In weiteren neun Fakultäten verschiedener Universitäten spielt der ökologische Landbau eine kleinere Rolle (Hamm et al., 2017), die Situation an den Fachhochschulen sei nicht besser.

4.3 Grundlageninnovationen und Gründungen

Mit Blick darauf, dass für viele Fragen nicht nur kleinteilige Verbesserungsinnovationen erforderlich sind, sondern es „groundbreaking ideas“ erfordert, sehen Hamm et al. einen Bedarf an längerfristigen Projekten (Hamm et al., 2017). Für die Entstehung grundsätzlich neuer Ideen haben aber nicht nur Forschungsinstitutionen und –projekte eine hohe Bedeutung, sondern auch Start-Ups (Fichter & Clausen, 2013). Die in Abschnitt 3.3 aufgeführten StartUp-Beispiele „Seedforward“ und „PLANTIX“ unterstreichen deren Bedeutung.

Bei der Förderung von grünen StartUps existiert in Deutschland eine Reihe von Schwächen (Bordestep Institut, 2014; Fichter et al., 2016). Mit Blick auf Gründungen im landwirtschaftlichen Bereich scheinen folgende Punkte von Bedeutung (vgl. Querschnittsstudie Gründungen):

- ▶ Die **Gründungsunterstützung an den Hochschulen** berücksichtigt bislang in nur wenigen Fällen Aspekte der ökologischen oder sozialen Nachhaltigkeit. Dies Problem verschärft sich im Agrarbereich, da es nur wenige Hochschulen gibt, an denen Wissen zur ökologischen Landwirtschaft überhaupt generiert wird, aus welchem Gründungsideen entspringen könnten.
- ▶ Von den in Deutschland insgesamt ca. 350 **Innovations-, Technologie- und Gründungszentren** waren 2016 gerade einmal 17 bzw. 5% im Arbeitskreis Green Economy der BVIZ vertreten (Bundesverband der deutschen Innovations-, Technologie- und Gründerzentren e.V. (BVIZ), 2016). Es sind zur Zeit nur die drei in Abschnitt 3.3 aufgeführten Akzeleratoren mit dem Fokus auf Landwirtschaft oder ökologische Landwirtschaft bekannt.
- ▶ Bisherige Studien, u.a. aus dem NKI-geförderten Vorhaben „GreenUpInvest“, weisen darauf hin, dass grüne Gründungen insbesondere dann mit höheren Finanzierungsherausforderungen zu kämpfen haben, wenn sie stark technisch geprägt und innovativ sind. Dies ist auch bei AgTech StartUps der Fall. Bislang fehlt es aber an spezifischen **staatlichen und privaten Finanzierungsangeboten** für die Zielgruppe der grünen wachstumsorientierten Start-ups. Auch herrscht bei den privaten Finanzierungsangeboten bislang wenig Markttransparenz.

4.4 Konkrete Forschungsthemen für Innovationen in der ökologische Landwirtschaft

Hamm et al. (2017) sehen gerade bei der deutschen Landtechnikindustrie mit ihrem Produktionsvolumen von ca. 10 Mrd. € p.a. die Chance der weltweiten Technologieführerschaft bei einer Reihe von Produkten. Zur Erreichung einer **Technologieführerschaft** wird kontinuierliche Forschung und Entwicklung erforderlich sein. Diese kann z.B. fokussieren (Hamm et al., 2017):

- ▶ auf Suche und mechanische Entfernung unerwünschter Pflanzen durch Herunterdrücken oder durch Hitze mit Hilfe von Agrarrobotern,

- ▶ auf die Suche nach Arealen, von denen aus sich Schädlinge oder Pflanzenkrankheiten ausbreiten, um diese rasch und kleinräumig mit Hilfe von Agrarrobotern oder Drohnen bekämpfen zu können,
- ▶ auf die Bekämpfung von Schädlingen oder Pflanzenkrankheiten durch Flüssigkeiten, die von mit Tanks ausgestatteten Drohnen verteilt werden,
- ▶ auf die Suche nach Rehkitzen und anderem Wild mit Wärmebild-Drohnen²², um dieses vor dem Mähen von Wiesen zu vertreiben,
- ▶ auf die zeitversetzte Ernte unterschiedlicher auf dem selben Schlag angebaute Feldfrüchte durch autonome (kleine) Maschinen, da durch gemischten Anbau die Schädlings- und Krankheitsresistenz verbessert wird.

Die Entwicklung kleiner Agrarroboter und -maschinen führt einerseits dazu, dass der Einsatz großer Maschinen mit hohem Gewicht vermieden wird, was der Bodenqualität zu Gute kommt, sowie dazu, dass kleinräumige und ggf. mechanische Behandlung von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten möglich wird, wodurch die Ausbringung großer Mengen von Pestiziden auf nicht befallene Pflanzen vermieden wird.

Weiter gilt es, den Schwung der **Digitalisierung** grün zu gestalten und die Potenziale des Precision Farming für die ökologische Landwirtschaft zu erschließen, z.B. durch GPS- und Mengengesteuerte Geräte zur Verteilung von Wirtschaftsdünger (Stallmist u.ä.). Mögliche Nachteile der Digitalisierung oder die Gefahr von Reboundeffekten sind durch kritische Forschung zu identifizieren und müssen dazu führen, der Digitalisierung eine im Sinne der Nachhaltigkeit konstruktive Richtung zu geben.

Für eine große Anzahl Themen gilt es darüber hinaus **Wissen für den Ökolandbau** aufzubauen, z.B. in den Bereichen:

- ▶ Tier- und Pflanzenzucht für den ökologischen Landbau mit den Zuchtzielen Resistenzen, Anpassbarkeit an verschiedene Klimaverhältnisse und Bodenqualitäten und geringere Nährstoffverfügbarkeit bzw. Kraftfuttereinsatz usw.,
- ▶ Vorsorge- (z.B. Fruchtwechselfolgen) und Bekämpfungsstrategien gegen Schädlinge und Pflanzenkrankheiten,
- ▶ Nährstoffmanagement und Bodenfruchtbarkeit,
- ▶ artgerechte und umweltverträgliche Tierhaltung sowie
- ▶ Rotationsbeweidung der selben Fläche durch verschiedene Tierarten.

Weiter wäre es hilfreich, auch zu grundsätzlich anders orientierten Landnutzungssystemen Wissen und Erfahrungen zu gewinnen:

- ▶ Permakultur,

²² In der Schweiz wurden in den letzten Jahren bereits 150 Rehkitze durch Drohneneinsatz gerettet (Rehkitzrettung.ch, 2018). In Deutschland entwickeln sich gegenwärtig erste Initiativen und Start-ups, die die Rehkitzrettung mit Drohnen anbieten und die Gründung eines bundesweiten Netzwerkes anstreben (Gödeke, 2018).

► Agroforstsysteme.

Mit Blick auf den fortschreitenden Klimawandel werden aus der landwirtschaftlichen Praxis heraus auch mehr trockenheitstolerante und möglichst nicht genveränderte Getreidesorten gewünscht (Pfeiffer, 2018). Damit entwickelt sich das Feld der **Klimaanpassung** zu einem wichtigen Thema der (ökologischen) Agrarforschung. Wie es auch in den landwirtschaftlichen Technologiebedarfen der vom Klimawandel stark betroffenen Entwicklungsländer deutlich wird (Beucker, Clausen, Fichter, Jacob & Bär, 2014b, S. 17), besteht aufgrund des Klimawandels in mehr als der Hälfte der Länder Bedarf an besser trockenheitsresistenten Nutzpflanzen, an effizienten Bewässerungssystemen sowie Agroforstsystemen.

Zusätzliche Forschungsaufgaben ergeben sich für die Realisierung des Ziels, Marktchancen für ein – oder mehrjährige Kulturen zu entwickeln, die Biomasse für biobasierte Produkte liefern. Solche Kulturen sollten Kaskadierungsprinzipien anwenden und nicht mit Lebensmitteln konkurrieren (Europäische Kommission, 2015). Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch diese Entwicklungen nur nachhaltig sind, wenn alle Feldfrüchte ökologisch angebaut werden.

Neben technisch-naturwissenschaftlichen Themen sind auch ökonomisch institutionelle Fragen von Bedeutung. So zeigt z.B. das Beispiel Schweden (vgl. Abschnitt 2.1) dass Beratung, die unabhängig von den Herstellern von Saatgut und Pestiziden organisiert wird, eine der Ursachen des in Schweden sehr niedrigen Einsatzes von Pestiziden ist. Die sehr starken Pfadabhängigkeiten, durch die in der Landwirtschaft das dominante Regime stabilisiert wird (Clausen & Fichter, 2017; Clausen & Mathes, 2017; Tappeser & Chichowitz, 2017b, 2017a), sowie Methoden zu ihrer Überwindung sollten daher ebenfalls Gegenstand von Forschung sein.

Ein weiteres wesentliches Forschungsthema für die Transformation hin zu einem größeren Anteil ökologisch bewirtschafteter Höfe ist die Entwicklung von Methoden und Unterstützungsstrategien für die Umstellung auf ökologische Landwirtschaft. Diese Umstellung ist für jeden der betroffenen Landwirte damit verbunden, dass ein großer Teil des „konventionellen“ Erfahrungswissens quasi entwertet wird und gleichzeitig die erhebliche Notwendigkeit besteht, sich mit neuen Methoden vertraut zu machen. Die mit der Umstellungszeit oft verbundenen Einnahmeausfälle lassen sich durch Umstellungsprämien ausgleichen, der Wissens- und Methodenwandel auf den betroffenen Höfen bedarf parallel der Umstellungsberatung und ggf. auch der agrarsoziologischen Begleitung. Welche Dynamiken in Gang kommen, wenn z.B. erste der von Hamm et al. (Hamm et al., 2017) vorgeschlagenen Modellregionen aufgebaut werden, ist kaum absehbar. Unter Rückgriff auf das Konzept der Exnovation (Arnold, 2015; David, 2016; Heyen, 2016; Tremel, 2015) dürfte notwendig werden, ähnlich wie bei regenerativer Stromerzeugung und Kohleausstieg nicht nur den Ausbau der ökologischen Landwirtschaft sondern auch Rückgang der konventionellen Landwirtschaft gezielt zu erforschen und zu begleiten.²³

²³ Eine Reihe von weiteren auch aus Sicht des Marktpotenzials bewerteten Themen führt das Innovationsradar „Umweltfreundliche Landwirtschaft“ des Kompetenznetzwerkes Umweltwirtschaft NRW auf (Kompetenznetzwerk Umweltwirtschaft.NRW, 2017).

5 Konsequenzen für eine Umweltinnovationspolitik

Einiges spricht dafür, der Forschung für den ökologischen Landbau einen höheren Stellenwert einzuräumen. Dies ist zum einen die Tatsache, dass die Art des Landbaus eine ganz erhebliche Auswirkung auf die Umweltwirkungen der Landwirtschaft hat (vgl. Abschnitt 1). Weiter gibt die Nachhaltigkeitsstrategie bis 2030 das Ziel „20% Flächenanteil des ökologischen Landbaus“ vor und auch ökonomisch spricht vieles dafür:

- ▶ Ein hoher Anteil, Schätzungen gehen bis zu 50% (Rahmann et al., 2013), der meist recht hochpreisig an die Konsumentinnen und Konsumenten abgesetzten Öko-Lebensmittel wird importiert. Der deutschen Landwirtschaft geht dieser hochpreisige Marktanteil verloren, der zudem aufgrund der Nachhaltigkeitsstrategie extrem schnell steigen soll.
- ▶ Dies ist insofern bedauerlich, als Bio-Bauern pro Arbeitskraft mehr erwirtschaften und das wirtschaftliche Ergebnis deutlich besser ist (Deter, 2018).
- ▶ Hamm et al. (2017) sehen gerade bei der deutschen Landtechnikindustrie mit ihrem Produktionsvolumen von ca. 10 Mrd. € p.a. die Chance der weltweiten Technologieführerschaft bei einer Reihe von umweltfreundlichen Produkten.
- ▶ Trotz aller Kritik an zu niedriger Forschungsförderung schätzen Rahmann et al. (2013), dass in Deutschland knapp die Hälfte aller weltweit aktiven Forscherinnen und Forscher für den Ökolandbau arbeiten und 28% des weltweiten Forschungsbudgets aufgebracht werden. Da gerade im Ökolandbau Forschung, Wissen und Beratung besondere Bedeutung haben und die Digitalisierung durch Precision Farming zunehmend Möglichkeiten bietet, Wissen und Beratung effizient und für viele zugänglich zu machen, kann auch im Kontext von Wissen und Beratung rund um den Ökolandbau ein wachsender internationaler Markt vermutet werden.
- ▶ Sowohl Landtechnik wie auch Beratung für den ökologischen Landbau dürften, ggf. etwas variiert, auch im Bereich der konventionellen Landwirtschaft Marktanteile erschließen können, wenn diese aufgrund sich verschärfender Umweltprobleme unter weiteren Handlungsdruck kommt.

Die Forschung zu Methoden des Ökolandbaus bedarf eines starken Impulses, um der deutschen Landwirtschaft zu ermöglichen, die anspruchsvollen, von der Bundesregierung gesetzten Ziele zu erreichen. Begleitend wird erforderlich sein, umfangreiche Forschung und Entwicklung mit dem Ziel zu beginnen, umweltverträgliche Methoden des Ökolandbaus sukzessive auf Betriebe der konventionellen Landwirtschaft zu übertragen.

Mit Blick auf die Zielsetzung der Bundesregierung, den Flächenanteil des ökologischen Landbaus auf ca. 20% in 2030 zu steigern, wäre vermutlich sogar notwendig, Innovationen zum ökologischen Landbau überproportional zu fördern, also z.B. mit ca. 30% der öffentlichen institutionellen wie Projektfördermittel bzw. ca. 200 Mio. € p.a.

Kurzfristig ist diese Steigerung aber kaum umsetzbar, da vermutlich weder Infrastrukturen wie auch einschlägig kompetente Personen in hinreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Wesentlich wäre also eine strategisch geplante Steigerung der Projektmittel, so dass einschlägige Institute Ausbaustrategien anstoßen können. Parallel dazu sollten die Kapazitäten der Ressortforschung ebenfalls stärker auf Ökolandbau fokussiert werden.

Die erforderlichen Innovationen basieren in der Regel nicht auf eindimensionalen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, bei denen bestimmte Maßnahmen oder spezifische Abhilfemaßnahmen angewandt werden können, um Leistungssteigerungen zu erreichen. Der klassische lineare Ansatz der forschungsunterstützten Innovation, bei dem eine Technologie an erster Stelle steht, die in einer privaten oder öffentlichen Forschungseinrichtung entwickelt wird um dann in der breiten Praxis umgesetzt zu werden, greift zu kurz (Hamm et al., 2017). Hamm et al. sehen deshalb einen Bedarf:

- ▶ an interdisziplinärer Forschung, wobei die Teilnahme landwirtschaftlicher Erwerbsbetriebe ein Problem darstellt, weil ihre Teilnahme an Forschungsprojekten nicht zu eigenen neuen Produkten führt (wie in Produktionsbetrieben) und sich damit die Frage des Eigenanteils neu stellt,
- ▶ Modellregionen, in denen die Umstellung eines großen Teils der landwirtschaftlichen Betriebe angereizt und erprobt wird und parallel dazu versucht wird, den Bio-Anteil im Lebensmittelabsatz fokussiert regional zu erhöhen,
- ▶ bundesfinanzierte Lehrstühle nach Artikel 91b der Verfassung.

Mit Blick darauf, dass für viele Fragen nicht nur kleinteilige Verbesserungsinnovationen erforderlich sind, sondern es „groundbreaking ideas“ erfordert, sehen Hamm et al. einen Bedarf an längerfristigen, also den üblichen Förderrahmen von 3 Jahren durchbrechenden Projekten (Hamm et al., 2017). Für die Entstehung grundsätzlich neuer Ideen haben aber nicht nur Forschungsinstitutionen und –projekte eine hohe Bedeutung, sondern auch Start-Ups (Fichter & Clausen, 2013; Fichter & Olteanu, 2019). Mit dem Begriff AgTech werden seit einigen Jahren solche Technologiegründungen rund um die Landwirtschaft beschrieben und in ersten Akzeleratoren werden diese StartUps gefördert.

6 Quellenverzeichnis

- Aerni, P., Nichterlein, K., Rudgard, S. & Sonnino, A. (2015). Making Agricultural Innovation Systems (AIS) Work for Development in Tropical Countries. *Sustainability*, 7(1), 831–850. <https://doi.org/10.3390/su7010831>
- Arnold, A. (Hrsg.). (2015). *Innovation - Exnovation: über Prozesse des Abschaffens und Erneuerns in der Nachhaltigkeitstransformation* (Ökologie und Wirtschaftsforschung). Marburg: Metropolis-Verlag.
- Balser, M. (2019, August 7). Warum eine höhere Steuer auf Fleisch nach hinten losgehen könnte. *Süddeutsche Zeitung online*.
- Bayer Crop Science. (2019). Take a Zero-Tolerance Approach to Weed Control. Zugriff am 26.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.cropscience.bayer.us/learning-center/articles/take-a-zero-tolerance-approach-to-weed-control?xtatc=INT-1122-%5B100x200%5D?xtmc=Roundup%20Ready&xtnp=1&xtr=9>
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. (2018). Wir über uns - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Zugriff am 27.9.2018. Verfügbar unter: <http://www.lfl.bayern.de/verschiedenes/ueberuns/index.php>
- Beucker, S., Clausen, J., Fichter, K., Jacob, K. & Bär, H. (2014a). *Angebote und Bedarfe von Technologien und Dienstleistungen für Klimaschutz und Klimaanpassung*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 12.1.2016. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/A/angebote-und-bedarfe-von-technologien-und-dienstleistungen-fuer-klimaschutz-und-klimaanpassung,property=pdf,reich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- Beucker, S., Clausen, J., Fichter, K., Jacob, K. & Bär, H. (2014b). *Technologies and services for climate mitigation and adaptation from Germany*. Berlin: BMWi.
- BfN. (2015). *Naturbewusstsein 2013. Wissenschaftlicher Vertiefungsbericht*. Bundesamt für Naturschutz.
- BMBF. (2014). *Bioökonomie in Deutschland Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Zugriff am 18.10.2016. Verfügbar unter: http://www.bmbf.de:8001/pub/Biooekonomie-in-Deutschland_001.pdf
- Bock, B. (2012). Social innovation and sustainability; how to disentangle the buzzword and its application in the field of agriculture and rural development. *Studies in Agricultural Economics*, 114(2), 57–63. <https://doi.org/10.7896/j.1209>
- Böcker, T. & Finger, R. (2016). European Pesticide Tax Schemes in Comparison: An Analysis of Experiences and Developments. *Sustainability*, 8(4), 378. <https://doi.org/10.3390/su8040378>
- Bokelmann, W., Doernberg, A., Schwerdtner, W., Kuntosch, A. & Busse, M. (2012). *Sektorstudie zur Untersuchung des Innovationssystems der deutschen Landwirtschaft*. Berlin.
- BÖLW. (2008). *Zahlen, Daten, Fakten. Die Bio-Branche 2008*. Berlin. Zugriff am 23.8.2018. Verfügbar unter: https://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Zahlen__Daten__Fakten/ZDF2008.pdf
- BÖLW. (2017). *Zahlen, Daten, Fakten. Die Bio-Branche 2017*. Berlin. Zugriff am 23.8.2018. Verfügbar unter: https://www.boelw.de/fileadmin/media/pdf/Themen/Branchenentwicklung/ZDF_2017/BOELW_ZDF_2017_web.pdf
- BÖLW. (2019a, Juli 3). „Innovationsmotor Bio: Öko-Landwirtschaft braucht Öko-Forschung“. Zugriff am 28.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.boelw.de/presse/meldungen/artikel/innovationsmotor-bio-oeko-landwirtschaft-braucht-oeko-forschung/>
- BÖLW. (2019b, Juni 18). BÖLW-Kommentar zur Dünge-Verordnung. Zugriff am 28.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.boelw.de/themen/pflanze/duengung/artikel/boelw-kommentar-zur-duenge-verordnung/>

- Borderstep Institut. (2014). *Das Unterstützungssystem für grüne Unternehmensgründungen in Deutschland. Strategien und Empfehlungen zur Stärkung des Gründungsfeldes Green Economy*. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2014/11/Unterstützungssystem_fuer_gruene_Unternehmensgruendungen_in_Deutschland_2014.pdf [März 2015]
- Böse, S. (2015). Wirtschaftlicher Getreideanbau auf Sandstandorten. *Praxisnah*, (1), 8–10.
- Braun, C. L., Häring, A. M. & Specht, J. (2014). *Soziale Innovationen in der Landwirtschaft: Was kennzeichnet Innovatoren?*. Eberswalde. Zugriff am 26.7.2019. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/278782841_Soziale_Innovationen_in_der_Landwirtschaft_Was_kennzeichnet_Innovatoren_Poster
- Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW). (2017). *Mit Bio Wertschöpfung steigern & Nachhaltigkeitsziele erreichen. Grundsatzpapier zur Bundestagswahl 2017*. Berlin. Zugriff am 17.8.2018. Verfügbar unter: https://www.boelw.de/fileadmin/pics/Themen/Forderungen/170118_BOELW_Grundsatzpapier_Bundestagswahl_2017.pdf
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2018). *Forschung und Innovation für die Menschen: Die Hightech-Strategie 2025*. Berlin. Zugriff am 21.9.2018. Verfügbar unter: <https://www.hightech-strategie.de/>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung & Fraunhofer ISI. (2017). *Evaluation der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“*. Berlin. Zugriff am 7.8.2018. Verfügbar unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2017/Evaluation_NFSB_Abschlussbericht.pdf
- Bundesministerium für Ernährung & Landwirtschaft (BMEL). (2017). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. Berlin. Zugriff am 16.7.2018. Verfügbar unter: https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/user_upload/010_Jahrbuch/Agrarstatistisches-Jahrbuch-2017.pdf
- Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung. (2012). *Programm zur Innovationsförderung*. Berlin. Zugriff am 7.8.2018. Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Forschung/Innovationsfoerderung.pdf?__blob=publicationFile
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2019). *Planetare Belastbarkeitsgrenzen*. Zugriff am 25.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/integriertes-umweltprogramm-2030/planetare-belastbarkeitsgrenzen/>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). (2018). *Klimaschutzbericht 2017 Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung*. Berlin. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/klimaschutzbericht_2017_aktionsprogramm.pdf
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). (2013). *14. Entwicklungspolitischer Bericht der Bundesregierung*. Bonn.
- Bundesverband der deutschen Innovations-, Technologie- und Gründerzentren e.V. (BVIZ). (2016). *BVIZ-Arbeitsgruppe Green Economy*. Berlin. Zugriff am 30.5.2018. Verfügbar unter: https://www.innovationszentren.de/files/adt_flyer_greenecomony_1016-2.compressed.pdf
- Bundesverband der Düngermischer e.V. (2016). *Mischanlagen in Deutschland*. Zugriff am 17.7.2018. Verfügbar unter: <http://www.bv-duengermischer.de/der-verband/mischanlagendeutschland>
- CDU, CSU und SPD. (2018). *Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land*. Berlin.
- Clausen, J. & Fichter, K. (2017). *Pfadabhängigkeiten. Querschnittsanalyse auf Basis von 15 Transformationsfeldern im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Bor-

derstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 28.3.2017. Verfügbar unter: https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-querschnittsanalyse_pfadabhaengigkeiten.pdf

Clausen, J. & Fichter, K. (2018). *Pfadabhängigkeiten und ihre Bedeutung für die Transformation zu einer Green Economy. Policy Paper*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J. & Mathes, M. (2017). *Fleischkonsum- Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin.

Clausen, J. & Uhr, L. (2016). *Materialband 2: Gastgewerbe und Ernährung. Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy*. Berlin. Zugriff am 18.11.2017. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/projekte/umweltinnovationen-und-ihre-diffusion-als-treiber-der-green-economy/>

Cordts, A., Spiller, A., Nitzko, S., Grethe, H. & Duman, N. (2013). Fleischkonsum in Deutschland Von unbekümmerten Fleischessern, Flexitariern und (Lebensabschnitts-)Vegetariern. *Fleischwirtschaft*.

David, M. (2016, September 8). Exnovation - the missing „something“ in the current debates on sustainability transitions. Gehalten auf der IST2016, Wuppertal.

Deter, A. (2018, Januar 14). Öko-Bauern wirtschaften derzeit rentabel. *top agrar online*. Zugriff am 20.8.2018. Verfügbar unter: <https://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Oeko-Bauern-wirtschaften-derzeit-rentabel-8984194.html>

Dettmer, M. (2019, August 7). Wer Fleisch höher besteuert, stellt die soziale Frage. *Spiegel Online*.

Die Bundesregierung. (2002). *Perspektiven für Deutschland: Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung*. Berlin. Zugriff am 13.7.2018. Verfügbar unter: <https://www.nachhaltigkeit.info/media/1326188329.phpYJ8KrU.pdf>

Die Bundesregierung. (2008). *Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie*.

Die Bundesregierung. (2017). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Neuauflage 2016*. Berlin: Die Bundesregierung. Zugriff am 27.2.2017. Verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2017/01/2017-01-11-nachhaltigkeitsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Die Bundesregierung. (2018). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018*. Berlin. Zugriff am 20.5.2019. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/1559082/a9795692a667605f652981aa9b6cab51/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-aktualisierung-2018-download-bpa-data.pdf?download=1>

dlz agrarmagazin & Bund der Deutschen Landjugend (BDL). (2015). *Hofnachfolge und Existenzgründung in der Landwirtschaft*. München, Berlin. Zugriff am 24.8.2018. Verfügbar unter: https://www.rentenbank.de/dokumente/Broschuere_BDL_Hofnachfolge.pdf

Europäische Kommission. (2015). *Towards a long-term strategy for European agricultural research and innovation by 2020 and beyond*. Mailand. Zugriff am 16.8.2018. Verfügbar unter: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/towards-long-term-vision-european-agricultural-research-and-innovation>

FAO Statistics. (2017). Pesticides. Verfügbar unter: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP/visualize>

Fichter, K. & Clausen, J. (2013). *Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen*. Marburg: Metropolis.

Fichter, K., Fuad-Luke, A., Hjelm, O., Klostner, M., Backmann, M., Bergset, L. et al. (2016). *SHIFTing the Support of Entrepreneurship in Eco-Innovation. Summary of results and recommendations from the Eco-Innova project SHIFT*. Berlin, Helsinki, Linköping: SHIFT Consortium.

Fichter, K. & Olteanu, Y. (2019). *Green Startup Monitor 2018*. Berlin: Borderstep Institut und Bundesverband Deutsche Startups.

- Food and Agriculture Organisation (FAO). (2011). *Climate Smart Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation*. 2. Auflage. Rom.
- Gödeke, M.-A. (2018, September 16). Interview zur Rehkitzrettung Langenhagen.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. (E.G. Lamb, Hrsg.) *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hamm, U., Häring, A. M., Hülsbergen, K.-J., Isermeyer, F., Lange, S., Niggli, U. et al. (2017). Research strategy of the German Agricultural Research Alliance (DAFA) for the development of the organic farming and food sector in Germany. *Organic Agriculture*, 7(3), 225–242. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0187-5>
- Hartl, U. (2017). *Branchenanalyse Landtechnik. Emntwicklungstrends und Herausforderungen*. Düsseldorf. Zugriff am 17.7.2018. Verfügbar unter: https://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_WP_052_2017.pdf
- Haubach, C. & Held, B. (2015). Ist ökologischer Konsum teurer? Ein warenkorbbasierter Vergleich. *WISTA*, (1), 41–54.
- Heinrich Böll Stiftung. (2017, Januar 10). Monsanto und Co: Pestizide und Saatgut als Milliardengeschäft. Zugriff am 16.7.2018. Verfügbar unter: <https://www.boell.de/de/2017/01/10/monsanto-und-co-pestizide-und-saatgut-als-milliardengeschaeft>
- Heintz, V. (2013). *Die Vernetzung der Agrarindustrie und Agrarpolitik in Deutschland. Netzwerk Betrachtung der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihrer Interessenvertretung in Spitzenverbänden und in der Politik. Im Auftrag der Bundestagsfraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN*. Zugriff am 6.8.2018. Verfügbar unter: http://www.paktev.de/media-pool/107/1071834/data/PDF_S/Die_Vernetzung_der_Agrarindustrie_und_Agrarpolitik_in_Deutschland.pdf
- Heyen, D.-A. (2016). *Exnovation: Herausforderungen und politische Gestaltungsansätze für den Ausstieg aus nicht-nachhaltigen Strukturen*. No. 3/2016. Freiburg.
- Hirschfeld, J. (2006). *Umweltpolitik und Wettbewerbsfähigkeit - Theoretische und empirische Analyse der Auswirkungen von Umwelt- und Tierschutzpolitik auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft*. Kiel. Zugriff am 13.8.2018. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/277020248_Umweltpolitik_und_Wettbewerbsfahigkeit_-_Theoretische_und_empirische_Analyse_der_Auswirkungen_von_Umwelt-_und_Tierschutzpolitik_auf_die_internationale_Wettbewerbsfahigkeit_der_deutschen_Landwirtschaft
- Industrieverband Agrar (IVA). (2018a). Pflanzenschutzmarkt 2017 weiter rückläufig. Zugriff am 16.7.2018. Verfügbar unter: <https://www.iva.de/verband/die-pflanzenschutzindustrie-mit-kompetenz-die-spitze/pflanzenschutzmarkt-2017-weiter-ruecklaeufig>
- Industrieverband Agrar (IVA). (2018b). Die Pflanzenschutzindustrie: Mit Kompetenz an die Spitze. Zugriff am 16.7.2018. Verfügbar unter: <https://www.iva.de/verband/die-pflanzenschutzindustrie-mit-kompetenz-die-spitze>
- Institut Arbeit und Wirtschaft (IAW). (2019). *Verflechtungen und Interessen des Deutschen Bauernverbandes (DBV)*. Berlin und Bremen. Zugriff am 25.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/landwirtschaft/agrarreform/190429-studie-agrarlobby-iaw.pdf>
- IÖW et al. (2004). *Agrobiodiversität entwickeln! Handlungsstrategien für eine nachhaltige Tier- und Pflanzenzucht*. Berlin. Verfügbar unter: <http://www.agrobiodiversitaet.net/agrobiowebseite/site/page/downloads/downloads.html>
- Kapalschinski, C. (2018, Januar 22). Das ist kein Kunstfleisch. *Handelsblatt*.

von Koerber, K. (2000). Preise von Erzeugnissen aus konventioneller Landwirtschaft vs. Preise von Öko-Lebensmitteln. *ERNO*, (1), 128–130.

Kompetenznetzwerk Umweltwirtschaft.NRW. (2017). *Innovationsradar 2017: Umweltfreundliche Landwirtschaft*. Köln. Zugriff am 30.8.2018. Verfügbar unter: https://knuw.nrw/wp-content/uploads/2018/01/20171203_knuw_broschuere_umweltfreundl_landwirtschaft_web.pdf

Landwirtschaftsverlag GmbH. (2019). *f3. farm.food.future*. Münster. Zugriff am 26.7.2019. Verfügbar unter: <https://f3.de/>

Ökologie und Landbau. (2013). Öffentliche Forschungsgelder für den Ökolandbau. *Ökologie und Landbau*, (3), 35.

Pesticide Action Network Europe. (2014). *Reducing pesticide use across the EU*. Zugriff am 27.9.2018. Verfügbar unter: <https://www.pan-europe.info/old/Resources/Reports/PANE%20-%202013%20-%20Reducing%20pesticide%20use%20across%20the%20EU.pdf>

Pfeiffer, M. (2018, Juli 7). Landgenossenschaft Oppurg fehlen 40 Prozent Ertrag bei Wintergerste. *Ostthüringer Zeitung*.

Rahmann, G., Kühne, S. & Töpfer, A. (2013). *Forschen für den ökologischen Landbau*. Berlin. Zugriff am 20.8.2018. Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn053124.pdf

Rehkitzrettung.ch. (2018). Rehkitzrettung mit Thermalkamera und Multikopter. Zugriff am 27.9.2018. Verfügbar unter: <https://www.rehkitzrettung.ch/>

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. (2018). Erzeugerpreise im ökologischen Landbau. Zugriff am 15.8.2018. Verfügbar unter: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/36956.htm>

Sanders, J. & Heß, J. (2019). *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft*. Braunschweig. Zugriff am 26.7.2019. Verfügbar unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060722.pdf

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Tappeser, V. & Chichowitz, L. (2017a). *Stickstoffeintrag der Landwirtschaft. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin.

Tappeser, V. & Chichowitz, L. (2017b). *Pestizideinsatz in der Landwirtschaft. Transformationsfeldanalyse im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin.

top agrar online. (2019, September 13). So sieht die Einigung zur Düngeverordnung aus. Zugriff am 28.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/so-sieht-die-einigung-zur-duengeverordnung-aus-11572788.html>

Trautwein, C., Fichter, K. & Bergset, L. (2018). *Green Economy Gründungsmonitor 2017*. Berlin, Oldenburg: Borderstep Institut, Universität Oldenburg.

Tremel, L. (2015). Logiken des Aufhörens. Was sich aus dem historischen Fall der Sklaverei lernen lässt. *Innovation - Exnovation. Über Prozesse des Abschaffens und Erneuerns in der Nachhaltigkeitstransformation*. Marburg: Metropolis.

Umweltbundesamt. (2000). *Umwelt und Landwirtschaft. Aktivitäten des Umweltbundesamtes*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA). Zugriff am 6.8.2018. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umwelt-landwirtschaft>

Umweltbundesamt. (2017, Januar 23). Für Klima und Umwelt: Tierische Produkte höher besteuern. Zugriff am 9.9.2019. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/fuer-klima-umwelt-tierische-produkte-hoerher#textpart-1>

Umweltbundesamt. (2018). *Daten zur Umwelt 2018 Umwelt und Landwirtschaft*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 17.7.2018. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uba_dzu2018_umwelt_und_landwirtschaft_web_bf_v7.pdf

Umweltbundesamt. (2019). Ökologischer Landbau. Zugriff am 28.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau>

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2016). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland*. Dessau-Roßlau. Zugriff am 13.1.2017. Verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_fachbroschuere_umweltschaedliche-subventionen_bf.pdf

VDMA, F. (2016). *Kennzahlen zu Forschung und Innovation im Maschinenbau*. Frankfurt am Main. Zugriff am 7.8.2018. Verfügbar unter: <http://www.vdma.org/documents/105628/778064/Kennzahlen+zu+Forschung+und+Innovation+2016/971704de-3256-44e0-9641-6badf49d91a3>

Voss, J. & Breuninger, W. (1942). *Weizensorten. Ihre Erkennung und Bewertung*. Berlin.

Werchez Peral, G. (2019). Dilemma oder große Chance. *Ökologie und Landbau*, (3), 37–39.

Wissenschaftsrat. (2017). *Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ressortforschungseinrichtungen des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)*. Berlin. Zugriff am 6.8.2018. Verfügbar unter: http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Forschung/Wissenschaftsrat_Ressortforschung.pdf?__blob=publicationFile

Yussefi-Menzler, M. (2019). Nachhaltigkeitsziele durch Biolandbau erreichen. *Ökologie und Landbau*, (3), 31–33.

ZEIT ONLINE. (2019, Juli 14). Unkrautvernichtungsmittel: Julia Klöckner erwartet kein Glyphosat-Verbot vor 2022. *Zeit Online*.