

## **Studie**

### **Green Deal**

**Wie und zu welchem Preis können die Ziele von der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft erreicht werden?**

#### **Autorenteam**

Prof. Dr. Rainer Kühl  
Dr. Jörg Müller  
M. Sc. Johannes Kruse  
M. Sc. Johannes Monath  
B. Sc. Lisa-Marie Paul

---

## Green Deal: Wie und zu welchem Preis können die Ziele von der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft erreicht werden?

Prof. Dr. Rainer Kühl, Dr. Jörg Müller, M. Sc. Johannes Kruse, M. Sc. Johannes Monath, B. Sc. Lisa-Marie Paul

### Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Bestandsaufnahme .....	2
2.1	Pflanzenproduktion .....	2
2.2	Düngemittel .....	2
2.3	Pflanzenschutz .....	3
2.4	Ökologische Landwirtschaft .....	3
2.5	Anbau bedeutender Nutzpflanzen im konventionellen Anbau .....	4
2.6	Verwendung bedeutender Nutzpflanzen aus konventionellem Anbau.....	4
2.7	Verwendungspfade.....	7
3	Anpassungsmaßnahmen.....	8
3.1	Tierhaltung, Bioenergie und pflanzliche Ernährungsgüter .....	8
3.2	Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft.....	10
3.3	Anpassungen in der konventionellen Pflanzenproduktion .....	11
3.4	Zusammenfassung und Diskussion .....	16
4	Zusammenfassung und Diskussion potenzieller Instrumente zur Erreichung der Ziele.....	17
5	Literatur.....	21
6	Anhang.....	27

Studie gefördert durch die Edmund Rehwinkel-Stiftung der Landwirtschaftlichen Rentenbank

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Rainer Kühl  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft  
Senckenbergstr. 3  
35390 Gießen  
Fon: +49 641 99-37370 | Fax: +49 641 99-37279  
Rainer.Kuehl@agrار.uni-giessen.de  
www.uni-giessen.de/foodeconomics

---

## 1 Einleitung

Das am 11.12.2019 vorgestellte Konzept des „**European Green Deal**“ (Green Deal) der Europäischen Kommission (EK) verfolgt das langfristige Ziel einer klimaneutralen Europäischen Union (EU) bis zum Jahr 2050. Als Zwischenziel sollen bis zum Jahr 2030 die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) im Vergleich zu 1990 um bis zu 55 Prozent reduziert werden. Von den insgesamt acht Themenfeldern des Green Deal (EK 2019), sind für die Agrar- und Ernährungswirtschaft (AEW) die Farm to Fork Strategy (EK 2020a) und die Biodiversity Strategy (EK 2020b) besonders relevant. Bedeutende Ziele dieser Strategien, die in diesem Beitrag im Fokus stehen, sind:

- I. die ökologische Bewirtschaftung von 25% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche,
- II. die Minderung von Nährstoffverlusten um mindestens 50% bei gleichzeitiger Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Reduktion des Einsatzes von Düngemitteln (DM) um mindestens 20%,
- III. die Reduktion des Einsatzes und des Risikos chemischer Pflanzenschutzmittel (PSM) um 50% sowie
- IV. Aufhalten und Umkehren des Verlusts von Bestäubern (stellvertretend für Biodiversitätsziele) bis zum Jahr 2030.

Bezüglich der Reduktionsziele ist bisher nicht benannt, auf welches Referenzjahr und auf welche Gebietseinheiten<sup>1</sup> die Ziele bezogen sind. Zudem sind die Wege der Zielerreichung bisher eher vage formuliert. So verweist die EK auf den Aufbau von Kreislaufwirtschaft, innovative Wertschöpfungsketten und innovative Wege zum Schutz der Ernten vor Schädlingen und Krankheiten sowie innovative Lebens- und Futtermittelerzeugnisse (EK 2019). Allerdings erscheinen bahnbrechende, flächendeckende Innovationen aufgrund des relativ kleinen Zeithorizonts von 10 Jahren wenig realistisch (Beckman et al. 2020). Isermeyer et al. (2020) beschreiben überwiegend qualitativ, welche Effekte grundsätzlich durch den Green Deal zu erwarten sind. Sie kritisieren, dass die Strategiepapiere der EK zu vage formuliert sind, wodurch eine verlässliche quantitative Abschätzung der Folgen nicht möglich sei. Beckman et al. (2020) entwerfen drei Szenarien, in denen die ökonomischen Schätzungen in Abhängigkeit der Annahmen erheblich variieren. Grundsätzlich werden ein Rückgang der Produktion (-7 bis -12%) und des Bruttoinlandsprodukts (-71 bis -186 Mrd. US-Dollar) sowie steigende Nahrungsmittelausgaben (+153 bis +602 US-Dollar pro Kopf und Jahr) innerhalb der EU prognostiziert. Allerdings ist nicht beschrieben, welche (z. B. agronomischen) Anpassungen erwartet werden.

Innerhalb des internationalen Agribusiness liegen komplexe Wechselwirkungen vor, die sich u. a. aus dem globalen Agrarrohstoffhandel, den Substitutionsmöglichkeiten, den unsicheren Prognosen über die zukünftige Nachfrage und Ertragsschwankungen (Alexandratos & Bruinsma 2012) sowie aus dem Einfluss der Politik<sup>2</sup> ergeben.

Unklar ist bisher, wie die oben genannten Ziele des Green Deal konkret erreicht werden können und welche Auswirkungen sich auf die Versorgung und die Produktionskosten von Agrarrohstoffen ergeben. Am Beispiel von Deutschland wird beschrieben, inwiefern Einsparungen bei PSM und DM und ggf. positive Beiträge für die Biodiversität bzw. den Schutz von bestäubenden Insekten möglich sind und welche Mengeneffekte sich ergeben.

Der Fokus liegt auf den nach inländischer Flächenverwendung bedeutendsten Agrarrohstoffen bzw. Wertschöpfungsketten: Milchprodukte und Schweinefleisch, Biogas und den pflanzlichen Nahrungsmitteln Getreide und Zucker. Zudem werden stellvertretend Äpfel und Erdbeeren sowie Spargel und Karotten als flächenmäßig bedeutendstes Obst und Gemüse betrachtet.

---

<sup>1</sup> Z. B. im Durchschnitt der gesamten EU oder einzelner Mitgliedsstaaten, Betriebe oder Kulturpflanzen.

<sup>2</sup> Z. B. durch internationale Handelsverträge, Subventionen und Umweltgesetzgebung.

Da der Green Deal einen Zwischenschritt auf dem Pfad zur Erreichung der Klimaneutralität darstellen soll, wird im nachfolgenden die aktuelle Produktionsintensität als Referenz für die Reduktionsziele verwendet. Die Ziele werden auf den Durchschnitt der gesamten deutschen Landwirtschaft bezogen. Aufbauend auf einer Bestandsaufnahme der aktuellen Produktionsverfahren, Produktionsmengen und Verwendungszwecke wird die Effizienz des Einsatzes von DM, PSM und Land anhand von Durchschnittsdaten beschrieben. Anschließend wird dargelegt, inwieweit sich die Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft auswirken wird.

Hierauf aufbauend werden organisatorische und agronomische Maßnahmen beschrieben, die als besonders geeignet erscheinen, um die oben genannten Ziele des Green Deal zu erreichen. Abschließend wird diskutiert, welche Effekte sich in Abhängigkeit der politischen Ausgestaltung des Green Deal für das Agribusiness ergeben können bzw. wie die Umsetzung der Maßnahmen politisch gesteuert werden könnte.

## 2 Bestandsaufnahme

### 2.1 Pflanzenproduktion

In Deutschland werden ca. 16,5 Millionen Hektar (ha) als Ackerland und Dauerkulturen (12,0 Mio. ha) sowie Grünland (4,5 Mio. ha) landwirtschaftlich genutzt. Insgesamt wurden im Durchschnitt der Erntejahre 2017-2019 1.111 Mio. Getreideeinheiten<sup>3</sup> und 10,97 Mio. t Rohprotein (RP) erzeugt<sup>4</sup>.

### 2.2 Düngemittel

Der nach Einsatzumfang bedeutendste Nährstoff in der deutschen Landwirtschaft ist Stickstoff. Dieser wird stellvertretend für den DM-Einsatz und die Reduktionsziele betrachtet. Der Einsatz beträgt nach Flächenbilanz<sup>5</sup> im Durchschnitt der Jahre 2016-2018 220 kg/ha. Die wichtigsten Quellen sind mineralische (97 kg) und organische (96 kg) DM sowie die biologische Stickstofffixierung (13 kg) von Leguminosen. Demgegenüber steht eine Abfuhr von nur 139 kg Stickstoff in Erntegütern woraus sich ein Überschuss von 81 kg und eine Stickstoffeffizienz von 63% ergeben.

Allerdings gibt es Grund zur Annahme, dass die Stickstoffüberschüsse in Zukunft geringer ausfallen. Ohne konkrete Zahlen zu nennen, verweisen Isermeyer et al. (2020) auf erste Analysen, die einen relevanten Rückgang der Düngung durch die Novellierung der Düngeverordnung (DüV) in den Jahren 2017 und 2020 zeigen. Dieser Rückgang ist in den oben dargestellten Flächenbilanzen allerdings nur teilweise (2018) berücksichtigt. Eigene Berechnungen ergeben für die gesamte konventionell genutzte Fläche unter Anwendung der in der DüV festgelegten Düngemengen eine durchschnittliche Stickstoffdüngung von 150 kg/ha<sup>6</sup>. Da bei dieser Berechnung beispielweise die Düngung von Zwischenfrüchten und atmosphärische Stickstoffeinträge nicht berücksichtigt sind, ist die tatsächliche Stickstoffzufuhr vermutlich höher. Nachfolgend wird für den aktuellen Einsatz

---

<sup>3</sup> Üblicherweise wird die Flächenproduktivität einzelner Kulturpflanzen durch Angabe von Naturalerträgen in Dezitonnen (dt) je Hektar angegeben. Zur Beschreibung der aggregierten Produktionsmengen sind jedoch eher Getreideeinheiten (GE) und Rohproteinerträge (RP) geeignet. Eine GE entspricht einer dt Gerste. Andere pflanzliche oder tierische Erzeugnisse werden nach einem festgelegten Schlüssel in GE umgerechnet. Der Rohproteingehalt ist insbesondere im Kontext der Tierfütterung von Relevanz.

<sup>4</sup> Eigene Berechnung, siehe Anhang 1.

<sup>5</sup> Die Gesamtbilanz ist eine weitere gängige Art der Nährstoffbilanzierung, in der zusätzlich N-Überschüsse aus Stall- und Biogasbilanz enthalten sind. Sie weist einen Stickstoffüberschuss von 93 kg/ha für die Jahre 2016 bis 2018 auf (Taube et al. 2020). Da in der Gesamtbilanz jedoch keine separate Aufstellung der Wirtschaftsdünger erfolgt, wird an dieser Stelle die Flächenbilanz verwendet.

<sup>6</sup> Siehe Anhang 1.

der Mittelwert der eigenen Berechnungen und der Flächenbilanzen 2016-2018 (BMEL 2020) von 185 kg N/ha für konventionelle Ackerflächen und für Grünland 142 kg/ha<sup>7</sup> angenommen. Für ökologische Ackerflächen werden in Anlehnung an Bach et. al (2016) 125 kg/ha angenommen und für Grünland 100 kg/ha unter Berücksichtigung der aktuellen Erntemengen und Bedarfswerte aus der DüV. Hieraus ergibt sich die Annahme über die gesamte Stickstoffzufuhr von 2,969 Mio. t und ein Reduktionsziel von 594.000 t. (-20%). Dieses wird stellvertretend für die Ziele im Bereich Nährstoffe verwendet und auf eine gesonderte Betrachtung der Reduktion der Nährstoffverluste verzichtet.

### 2.3 Pflanzenschutz

Im konventionellen Anbau werden jährlich ca. 30.000 t Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (ohne inerte Gase) eingesetzt. Die vier bedeutendsten Gruppen sind Herbizide (13.972 t), Fungizide (10.022 t), Insektizide (18.691 t) und Wachstumsregler (2.089 t) (BVI 2020). Aufgrund einer relativ großen Spannweite der Wirkstoffmenge einzelner Präparate ist die bloße Wirkstoffmenge nur ein bedingt geeigneter Parameter zur Beurteilung der Pflanzenschutzmittelintensität. Eine Alternative für die Beschreibung der PSM-Intensität bietet der Behandlungsindex (BI). Ein BI entspricht der Behandlung mit der zugelassenen Aufwandmenge eines PSM-Präparats<sup>8</sup> (Roßberg et al. 2017).

Mit dem Harmonized Risk Indicator (HRI), dem SYNOPS-Indikator oder dem Pesticide Load Indicator gibt es unterschiedliche Ansätze zur Quantifizierung der PSM-Risiken. Diese Indikatoren kommen je nach Bezugsjahr und der Festlegung weiterer Parameter jedoch zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen (Isermeyer et al 2020<sup>9</sup>). Wegen dieser Schwierigkeit wird aus Praktikabilitätsgründen nachfolgend der BI als Kennzahl für die Reduktion des PSM-Einsatzes herangezogen. Da durch die in der EU-VO 1107/2009 festgelegten stärkeren Fokussierung auf (Umwelt)-Risiken bei der PSM-Zulassung und -Zulassungsverlängerung eine Reduktion des PSM-Risikos angenommen werden kann, erscheint dieses als wenig problematisch.

Auf der Grundlage der Daten des Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendungen des Julius-Kühn-Instituts (Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018) kann die PSM-Intensität, ausgedrückt in BI, näherungsweise<sup>10</sup> ermittelt werden. Im Durchschnitt aller konventionell bewirtschafteten Ackerflächen (inkl. Dauerkulturen) ergibt sich unter Berücksichtigung des Anbauumfangs einzelner Kulturpflanzen eine PSM-Intensität von 4,6 BI/ha und insgesamt von 51,8 Mio. BI pro Jahr. Für die nachfolgenden Überlegungen ergibt sich ein Reduktionsziel von 25,9 Mio. BI (-50%).

### 2.4 Ökologische Landwirtschaft

Mit ca. 1,5 Mio. ha werden etwa 9% der gesamten landwirtschaftlichen Fläche, mit steigendem Trend, ökologisch bewirtschaftet (Destatis 2017-2020). Dort werden keine mineralischen DM und keine PSM eingesetzt. Der Stickstoffsaldo liegt im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise um 40 bis 70% niedriger (Sanders & Heß 2019). Aktuell ist mit ca. 0,8 Mio. ha über die Hälfte der ökologisch bewirtschafteten Fläche Grünland, wohingegen der Grünlandanteil im konventionellen Anbau bei etwa einem Viertel liegt (siehe Tabelle 1). Zudem ist der Anteil von Weizen, Mais und

---

<sup>7</sup> Eigene Berechnung, siehe Anhang 1.

<sup>8</sup> Mithilfe des Behandlungsindex lassen sich verschiedene Pflanzenschutzmittel aggregieren, ohne dass unterschiedlich hohe Aufwandmengen zu Verzerrungen führen. Der Behandlungsindex ist von der Behandlungshäufigkeit zu unterscheiden, da eine Behandlung mit niedrigerer Dosis zu einem niedrigeren Behandlungsindex führen kann.

<sup>9</sup> Die detaillierte Beschreibung der Problematik findet sich bei Isermeyer et al. (2020) auf Seite 44ff.

<sup>10</sup> Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018) ermitteln den BI nicht für alle Kulturpflanzenarten. Daher wurden an den entsprechenden, aufbauend auf den Werten vergleichbarer Kulturpflanzen, Annahmen über den BI abgeleitet. Siehe hierzu Anhang 1.

Zuckerrüben auf den Ackerflächen im organischen Landbau deutlich geringer (siehe Anhang 1) und die Fruchtfolgen durch den Anbau von Feldfutter und Leguminosen vielfältiger (Sanders & Heß 2019). Um das 25%-Ziel zu erreichen, müssten zusätzlich etwa 2,5 Mio. ha ökologisch bewirtschaftet werden.

**Tabelle 1: Aktuelle Flächen im konventionellen und ökologischen Anbau.**

		Konventionell	Ökologisch	Summe
Flächen in Mio. ha <sup>1</sup>	Ackerland und Dauerkulturen	11,3	0,7	12,0
	Grünland	3,7	0,8	4,5
	<b>Gesamt</b>	<b>15,0</b>	<b>1,5</b>	<b>16,5</b>

Quelle: BMEL 2020.

## 2.5 Anbau bedeutender Nutzpflanzen im konventionellen Anbau

Auf etwa der Hälfte (5,3 Mio. ha) der konventionellen Ackerflächen wird Wintergetreide<sup>11</sup> angebaut. Die nach Anbaufläche bedeutendsten Ackerbaukulturen sind Winterweizen (2,9 Mio. ha), Mais (2,7 Mio. ha), Wintergerste (1,3 Mio. ha), Winterraps (1,0 Mio. ha), Winterroggen (0,6 Mio. ha) und Zuckerrüben (0,4 Mio. ha). Sommergetreide<sup>12</sup> wird mit langfristig abnehmendem Trend aktuell auf 0,6 Mio. ha angebaut. Das Grünland wird hauptsächlich als Weiden (2,6 Mio. ha) und Wiesen (1,9 Mio. ha) genutzt. Bei Obst sind Äpfel (34.000 ha) und Erdbeeren (12.500 ha) und bei Gemüse Spargel (27.000 ha) sowie Karotten (13.000 ha) in Bezug auf die Anbaufläche am bedeutendsten<sup>13</sup>.

Die bedeutenden ackerbaulichen Nutzpflanzen unterscheiden sich teilweise deutlich hinsichtlich der Naturalerträge, des PSM- und DM-Einsatzes und somit in der Effizienz der Ressourcennutzung sowie der Produktionskosten. Wintergetreide und insbesondere Winterweizen weisen ein relativ ungünstiges Verhältnis zwischen Ertrag und PSM- bzw. DM-Einsatz auf (siehe Tabelle 2).

Umgekehrt ist insbesondere Winterweizen aufgrund des hohen Deckungsbeitrags für Marktfruchtbetriebe aus einzelbetrieblicher ökonomischer Sicht besonders attraktiv. Für tierhaltende Betriebe hingegen sind nicht nur die Deckungsbeiträge, sondern auch der interne Futterwert bzw. die Futterkosten relevant. Hier zeigt sich, dass Winterweizen und Wintergerste im Vergleich zum ressourceneffizienteren Körnermais geringere Kosten je GE und RP (dt) erzeugen. Aufgrund der erheblich höheren Erntemengen bei etwa gleichem Stickstoffeinsatz und geringeren PSM-Intensitäten im Vergleich zu Wintergetreide, haben beispielsweise (Silo-)Mais und Zuckerrüben eine deutlich höhere Stickstoff- und PSM-Effizienz in Bezug auf GE.

## 2.6 Verwendung bedeutender Nutzpflanzen aus konventionellem Anbau

Von der **Weizenernte** 2019 (24,4 Mio. t) wurden etwa 40% (überwiegend an Schweine und Geflügel) verfüttert sowie 26% zur Herstellung von Nahrungsmitteln verwendet. Zudem werden (netto) 13% der Weizenernte exportiert (BLE 2019). In Abhängigkeit der Verwendung werden unterschiedliche Qualitätsansprüche gestellt, zu deren Erreichung insbesondere unterschiedliche Sorten und Stickstoffintensitäten eingesetzt werden. Zur Produktion der Qualitätsgruppen A und B, die überwiegend für die inländische menschliche Ernährung bzw. E- und A, die für den Export

<sup>11</sup> Winterweizen, Wintergerste, Roggen, Dinkel, Triticale und Durumweizen.

<sup>12</sup> Sommergerste, Hafer und Sommerweizen.

<sup>13</sup> Quellen, siehe Anhang 1

produziert werden, werden höhere Stickstoffmengen<sup>14</sup> und Sorten mit tendenziell geringeren Erträgen, aber für Backzwecke hochwertigeren Eiweißfraktionen, genutzt. Umgekehrt werden zur Fütterung eingesetzte C- und teilweise B-Weizen mit ertragsstärkeren Sorten und geringeren Stickstoffmengen angebaut (Diepenbrock et al. 2016).

**Tabelle 2: Kennzahlen bedeutender Nutzpflanzen im konventionellen Ackerbau.**

Kultur	Wintergetreide			Mais		Winterraps	Zuckerrüben	Körner-leguminosen		Gesamt (Mio.)	
	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen	Silomais	Körnermais			Erbsen	Ackerbohnen		
Produktion	Fläche (Mio. ha)	2,88	1,25	0,50	2,14	0,40	1,12	0,40	0,07	0,29	9,05
	Anteil an Al.(%)	25,5	11,1	4,5	19,0	3,6	10,0	3,6	0,6	0,3	
	BI	5,9	4,3	4,1	2,1	2,1	6,6	4,7	3	3	40,10
	N (kg/ha)	182	140	130	160	160	160	130	0	0	1.401,76
	Ertrag (dt/ha)	73,9	69,2	49,2	404,5	91,7	32,0	739,1	31,8	36,8	1.570,62
Effizienz	Ertrag (GE/ha)	76,9	69,2	49,7	121,4	99,0	41,6	170,0	33,0	33,9	758,95
	RP (dt/ha)	8,9	7,6	4,5	11,7	8,3	6,5	13,3	6,6	9,6	81,59
	GE/BI	13	16,1	12,1	57,8	47,2	6,3	36,2	11,0	11,3	
	GE/kg N	0,42	0,49	0,38	0,76	0,62	0,26	1,31	-	-	
	RP/BI	1,52	1,77	1,10	5,59	3,93	0,99	2,83	2,19	3,19	
	RP/kg N	0,049	0,054	0,035	0,073	0,052	0,041	0,102	-	-	
Ökonomik	Preis (€/dt) <sup>1</sup>	18,4	14,9	16,5	2,8*	17,2	36,3	2,9	19,5	20,4	
	VK (€/ha) <sup>2</sup>	785,9	744,8	659,6	885,2	1122,2	825,1	1389,3	603,3	655,5	7.579,56
	DB (€/ha) <sup>2</sup>	574	285,6	150,0	247,4	453,7	336,5	757,8	18,2	93,5	3.504,43
	VK/GE (€/GE)	10,2	10,8	13,3	7,3	11,3	19,8	8,2	18,3	19,3	
	VK/ RP (€/dt)	87,9	98,0	146,6	75,7	135,2	126,9	104,5	91,4	68,3	

<sup>1</sup>Durchschnitt der Jahre 2017-2019, eigene Berechnung mit den Quellen siehe Anhang 1, <sup>1</sup>MW der Jahre 2016-2019 nach LLH (2020), <sup>2</sup>Berechnung mit LfL (2021), Al = Ackerland, BI Behandlungsindex; GE = Getreideeinheiten, RP = Rohprotein, VK = Variable Kosten, DB = Deckungsbeitrag. \* Wert aus „Maispreis-Rechner“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

Die wichtigsten Nutzungswege der **Wintergerste** (10,8 Mio. t) waren mit 55% die Verfütterung sowie mit jeweils etwa 15% der Export (netto) und die industrielle Nutzung (BLE 2019). Wintergerste wird insbesondere in der Schweinemast verfüttert (Guddat et al. 2015). Von der **Roggenernte** (2,7 Mio. t) werden ebenfalls 55% verfüttert. Zudem ist die menschliche Ernährung mit 24% und die energetische Nutzung mit 16% relevant.

Zusätzlich zur inländischen Erntemenge von 4,6 Mio. t **Körnermais** wird mit 2,3 Mio. t (netto) fast ein Drittel des inländischen Verbrauchs importiert. Mit knapp 80% stellt die Verfütterung (an Schweine und Geflügel) die wichtigste Nutzung dar (BLE 2019).

Während die bisher beschriebenen Wintergetreide und der Körnermais zu erheblichen Anteilen in der Fütterung von Monogastern verwendet wird, wird die Ernte der von 2,1 Mio. ha **Silomais** etwa zur Hälfte in der Rinderfütterung eingesetzt. Die andere Hälfte wird in Biogasanlagen genutzt (FNR 2020). Insgesamt ist der Maisanbau regional sehr unterschiedlich verteilt. Während in einigen Landkreisen im Nordwesten und Süden mehr als 70% der Ackerflächen mit Mais bestellt

<sup>14</sup>Nach DüV Bei einem Standardertrag von 80 dt/ha: E-Weizen 260 kg N/ha, bei A- und B-Weizen 230 kg N/ha und bei C-Weizen 210 Kg N/ha.

werden, liegen die Anteile in den übrigen Regionen in der Mitte und im Osten häufig um 10% (DMK 2016a).

**Winterraps** hat im Vergleich zu übrigen in Tabelle 2 dargestellten Kulturpflanzen eine relativ geringe PSM- und DM-Effizienz. Allerdings ist Raps die nach Anbaufläche einzige relevante Öl- bzw. Eiweißpflanze in Deutschland. Der Rapsanbau wurde in vergangenen Jahren deutlich eingeschränkt. Während im Jahr 2015 noch etwa 6,3 Mio. t geerntet wurden, sind es im Jahr 2019 gerade noch 3,8 Mio. t. Die annähernd gleichbleibende Verarbeitungsmenge von etwa 9,5 Mio. t in diesem Zeitraum wurde durch die Ausdehnung der Importe auf 5,8 Mio. t im Jahr 2019 erreicht (BLE 2019b). Etwas mehr als die Hälfte der inländischen Rapsernte wird zur Bio-Kraftstoffgewinnung genutzt (FNR 2020). Bei der hierbei durchgeführten Ölgewinnung entstehen eiweißreiche Rückstände (Rapsextraktionsschrot, RES), die in der Tierfütterung als Eiweißquelle eingesetzt werden.

**Zuckerrüben** erzielen je ha die höchsten GE und RP aller dargestellten Kulturpflanzen und haben aufgrund des relativ moderaten DM- und PSM-Einsatzes zudem die höchste Stickstoff- und PSM-Effizienz (siehe Tabelle 2). Die inländische Erzeugung von 4,2 Mio. t (Weißzuckerwert) wird zu zwei Dritteln zur inländischen Ernährung eingesetzt und die übrige Menge exportiert (BLE 2020).

**Körnerleguminosen**, wie z. B. Erbsen (80.000 ha) oder Ackerbohnen (50.000 ha) sind trotz vielfältiger politischer Bemühungen<sup>15</sup> noch immer eine Randerscheinung auf deutschen Äckern. Sie benötigen relativ wenig PSM und keine Zufuhr von Stickstoff. Außerdem könnte bei einer Ausdehnung des Anbauumfangs die Fruchtfolge erweitert werden (Böhm et al. 2020), was wiederum die Effizienz von DM und PSM anderer Kulturpflanzen erhöhen würde (Nemecek et al. 2008). Daher sind diese trotz der vergleichsweise geringen Flächenproduktivität im Hinblick auf die Ziele des Green Deal als besonders günstig zu beurteilen (Tabelle 2).

Das **Grünland** wird als **Wiesen** und **Weiden** genutzt und dient überwiegend zur Futtergewinnung (BLE 2019b) und zu geringen Anteilen (< 5% FNR 2020) zur Bioenergieproduktion. Auf diesen Flächen PSM nur in sehr geringem Umfang eingesetzt. Insgesamt werden mit 272 Mio. GE und 2,3 Mio. t RP jeweils ca. ein Viertel der Gesamten Mengen von Grünland gewonnen (BLE 2017-2019). Die Bewirtschaftung ist in ihrer Intensität abhängig vom jeweiligen Standort und den Wertungswegen (Elsässer 2016).

Das nachfolgend dargestellte **Obst und Gemüse** wird im Vergleich zu den übrigen Ackerkulturen und Grünland in Bezug auf PSM deutlich intensiver produziert. Insbesondere der Einsatz von Fungiziden ist dort stark verbreitet. In Deutschland wurden 2020 1.023.300 t **Äpfel** geerntet. Die Anbaufläche der Dauerkultur betrug 33.905 ha und nahm 50% der gesamten Anbaufläche für Obst ein. Etwa 70% werden als Tafelobst vermarktet. 287.300 t (28%) wurden als Verwertungs- und Industrieobst genutzt (Destatis 2020). 52% des inländischen Apfelbedarfs werden durch Importe gedeckt (BLE 2019). Der Stickstoffeinsatz im Apfelanbau ist insgesamt gering und es entstehen fast keine Stickstoffsalden (Dierend et al. 2006). Umgekehrt ist der PSM-Einsatz mit einem BI von 30,6 von allen hier dargestellten Nutzpflanzen am höchsten. Insbesondere Fungizide (BI 24) und Insektizide (BI 4,6) werden in erheblichem Umfang eingesetzt (Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018). Mit 11.600 ha haben **Erdbeeren** einen Anteil von 17,3% der gesamten inländischen Obstbaufläche. Im Jahr 2019 wurden 9,8 t/ha und insgesamt 113.500 t geerntet (BMEL 2017-2020). Diese Menge deckt 42% des inländischen Verbrauchs. Der Stickstoffbedarf bei Erdbeeren liegt zwischen 80 und 120 kg/ha. Er kann je nach Boden durch die Nachlieferung gedeckt werden (Carlen & Ancay 2017). Eine höhere Düngung führt zu abnehmender Qualität (Neuweiler, 1997).

---

<sup>15</sup> Z. B. die Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung (BMEL 2020a) und das Förderprogramm C, Förderbereich 4c „Förderung von besonders nachhaltigen Verfahren im Ackerbau oder bei einjährigen Sonderkulturen“ der Gemeinsamen Agrarpolitik“ (BMEL 2020b).



Der BI im Erdbeeranbau liegt in Deutschland bei 12,8 (Roßberg & Hommes 2018) und mit 6,6 BI sind Fungizide gefolgt von Herbiziden (BI: 3,7) die wichtigste Wirkstoffgruppe.

**Spargel** belegt 21% (27.300 ha) der gesamten Gemüsefläche. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 130.563 t geerntet. Das entspricht einem Ertrag von 56,8 dt/ha (BMLE 2019). Im Spargelanbau als mehrjährige Kultur, die bis zu zehn Jahre besteht, ist die Neuanlage und die Jugendentwicklung von entscheidender Bedeutung. Hier sind die Stickstoffdüngung und auch der Pflanzenschutz wichtig. Der PSM-Einsatz liegt bei 8,6 BI (Roßberg & Hommes 2018) und mit 5,2 BI sind Fungizide die wichtigste Wirkstoffgruppe. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland auf 13.727 ha (11% der Gemüseflächen in Deutschland) **Karotten** angebaut. Dabei wurden 791.109 t geerntet. Das entspricht einem durchschnittlichen Ertrag von 57,6 t/ha (Destatis 2020). Der Stickstoffbedarf liegt bei etwa 125 kg/ha (LfL 2018). Mit 2,7 bzw. 2,5 BI haben Fungizide und Herbizide den größten Anteil am gesamten PSM-Einsatz von 6,7 BI (Roßberg & Hommes 2018).

## 2.7 Verwendungspfade

Die bedeutendsten Verwertungspfade inländisch produzierter Agrarrohstoffe sind mit einer Anbaufläche von 14 Mio. ha Ernährungszwecke, wovon 9,5 Mio. ha indirekt als Futter und 4,5 Mio. ha direkt für pflanzliche Ernährungsgüter verwendet werden, und Bioenergie mit 2 Mio. ha.

Allein für die inländische Versorgung mit Nahrungsmitteln werden jedoch aktuell Rohstoffe von einer Fläche von gut 19 Mio. ha<sup>16</sup> verwendet. Zusätzlich werden Agrarrohstoffe von einer Fläche von ca. 19 Mio. ha importiert und umgekehrt von einer Fläche von 12,2 Mio. ha exportiert, woraus sich ein virtueller Flächenimport von ca. 6,8 Mio. ha ergibt<sup>17</sup>. Bei den Importen handelt es sich mit 13,7 Mio. ha überwiegend um Rohstoffe wie z. B. Futter- und Ölpflanzen zur Biokraftstoffherstellung bzw. Güter der ersten Verarbeitungsstufe (z. B. Kakaomasse und Fruchtsaftkonzentrate) aus dem nicht-EU-Ausland, die von der deutschen AEW für den inländischen und ausländischen Markt verarbeitet werden (Destatis 2018).

In der deutschen Tierhaltung werden insgesamt gut 730 Mio. Getreideeinheiten und 7,52 Mio. t Rohprotein verfüttert (BMEL 2020). Die Rinder- und Schweinehaltung sind die bedeutendsten Zweige. Im Bereich der Rinderhaltung ist wiederum die Milchviehhaltung und bei Schweinen die Mast am bedeutendsten. Derzeit werden von 4,1 Mio. Milchkühen insgesamt 33,1 Mio. t Milch gewonnen und von der Molkereiwirtschaft verarbeitet. Knapp die Hälfte der Milch(-produkte) wird mit einem Warenwert von knapp 9 Mrd. €<sup>18</sup> exportiert. Im Jahr 2019 wurden etwa 52 Mio. Schweine gemästet und etwa 5,2 Mio. t<sup>19</sup> Schweinefleisch hergestellt, wovon ca. 2,5 Mio. t im Wert von 5,5 Mrd. €<sup>20</sup> exportiert werden. Als pflanzliche Nahrungsmittel aus inländischer Produktion sind vor allem Weizen bzw. Weizenmehl, Zucker sowie Obst und Gemüse von Bedeutung. Auf etwa 2,5 Mio. ha werden Pflanzen für die energetische (2,2 Mio. ha) und industrielle (0,3 Mio. ha) Nutzung angebaut. Im Energiesektor sind insbesondere Biogas (1,3 Mio. ha) und hierbei wiederum Silomais (0,9 Mio. ha) sowie im Kraftstoffbereich (0,8 Mio. ha) Raps (0,55 Mio. ha mit abnehmender Tendenz) von großer Bedeutung (BMEL 2020).

---

<sup>16</sup> Für Nahrungsmittel tierischen Ursprungs 11,6 Mio. ha und für pflanzliche Nahrungsgüter weitere 7,5 Mio. ha.

<sup>17</sup> Bei virtuellen Flächenbilanzen werden Im- und Exportsalden von Agrarrohstoffen unter Berücksichtigung der spezifischen Flächenerträge berücksichtigt. (Osterburg et al. 2013, S 28).

<sup>18</sup> Umgekehrt werden Milchprodukte im Wert von 7,7 Mrd. € importiert.

<sup>19</sup> Neben den inländischen Mast Schweinen wurde etwa 3 Mio. Tiere importiert und geschlachtet.

<sup>20</sup> Umgekehrt wird Schweinefleisch im Wert von 2 Mrd. € importiert.

### 3 Anpassungsmaßnahmen

Im vorangegangenen Abschnitt wurde ermittelt, dass der Einsparbedarf bei PSM bei 25,9 Mio. BI liegt und die Stickstoffzufuhr um 594.000 t gesenkt werden müssen, um die Ziele des Green Deal zu erreichen. Nachfolgend werden Maßnahmen beschrieben, die zur Minderung des PSM- und DM-Einsatzes geeignet sind bzw. einen Beitrag zur Biodiversität leisten können. Die Maßnahmen können in drei Gruppen zusammengefasst werden: Agronomie, Organisation und Management.

Zunächst ist noch zu bedenken, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche abnimmt. Unter Annahme eines Rückgangs von 40 ha Ackerfläche pro Tag<sup>21</sup> ergibt sich zwischen 2020 und 2030 eine Abnahme um ca. 146.000 ha. Unter Berücksichtigung der aktuell durchschnittlichen PSM-Intensität von 4,6 BI (siehe Abschnitt 2.3) und einer Stickstoffzufuhr von 185 kg/ha fallen hierdurch insgesamt 715.400 BI weg und die gesamte Stickstoffzufuhr reduziert sich um etwa 27.010 t. Die Erträge nehmen um etwa 11,8 Mio. GE und 123.000 t RP ab.

Zunächst werden die Effekte der Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft beschrieben, um die Einsparbedarfe in der konventionellen Landwirtschaft zu ermitteln.

#### 3.1 Tierhaltung, Bioenergie und pflanzliche Ernährungsgüter

Entscheidend für die Umweltwirkung der **Tierhaltung** sind neben den Treibhausgas-Emissionen der Tiere der Futtereinsatz und die Verwertung der anfallenden Wirtschaftsdünger. Im Bereich der Rinderhaltung ist wiederum die Milchviehhaltung und bei Schweinen die Mast von besonderer Bedeutung bezüglich des Futterbedarfs. Grundsätzlich sind der Energie- und der Rohproteingehalt die wertbestimmenden Inhaltsstoffe von Futtermitteln. Zusätzlich ist der Gehalt an essentiellen Aminosäuren und die Verdaulichkeit sowie toxischer oder antinutritiver Stoffe relevant. Die Bedarfe bzw. Verträglichkeit dieser Stoffe variieren zwischen einzelnen Nutztieren und es gibt eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten einzelner Komponenten zur Deckung der Bedarfe (Weber et al. 2020; Bonsels & Weiß 2014).

Zur Minderung der Umwelteffekte kann bei der **Fütterung** die Verwendung von ressourceneffizienten Futterkomponenten und eine Erhöhung der Nährstoffverwertung beitragen. Es können z. B. Körnermais aufgrund der höheren Flächen-, PSM- und DM-Effizienz anstelle von Wintergetreide (siehe Tabelle 2) oder Leguminosen aufgrund der ausbleibenden Stickstoffdüngung und der positiven Fruchtfolgewirkung eingesetzt werden und so Raps oder Soja ersetzt werden. Während Mais bei Milchkühen und Mastschweinen schon in vielen Futtermitteln enthalten ist, werden bislang kaum „heimische“ Leguminosen eingesetzt. Beim Einsatz von heimischen Körnerleguminosen erzielen Milchkühe (Dunkel et al. 2016) und Mastschweine (Meyer & Vogt 2018; Weber 2016) gleiche Leistungen und gleiche Futterkosten wie beim Einsatz anderer Eiweißfuttermittel wie Soja oder Raps.

Bei Milchkühen könnten unter Beibehaltung der Grundfutterbasis entsprechend des aktuellen Verhältnisses (Destatis o. J) in Rationsbeispielen von Bonsels & Weiß (2014) 1,4 Mio. t Ackerbohnen und 1,7 Mio. t Erbsen eingesetzt werden. Bei Mastschweinen könnten unter Berücksichtigung von Rationsbeispielen von Weber et al. (2020) jeweils weitere 1,3 Mio. t Ackerbohnen und Erbsen verfüttert werden (siehe Anhang 2 und 3). Um diese Mengen zu produzieren, müssten auf 950.000

---

<sup>21</sup> Der Flächenverlust ist im Zeitraum 2000-2018 von 138 auf ca. 56 ha pro Tag rückläufig. Für das Jahr 2030 werden 30 h pro Tag angestrebt ([www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechenverluste-landwirtschaft.html](http://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/flaechennutzung-und-bodenmarkt/flaechenverluste-landwirtschaft.html)).

ha Erbsen und auf 760.000 ha Ackerbohnen angebaut werden. Die sich hieraus ergebenden positiven Effekte im Ackerbau werden in Abschnitt 3.3 unter dem Stichpunkt Fruchtfolge aufgegriffen.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Zusammenhänge erscheint es zunächst verwunderlich, dass heimische Körnerleguminosen in der (konventionellen) Tierhaltung bislang keine Rolle spielen. Allerdings gibt es einige plausible Gründe aus einzelbetrieblicher Sicht. Für Marktfruchtbetriebe sind Körnerleguminosen aufgrund der geringen Deckungsbeiträge (siehe Tabelle 2) unattraktiv. Für tierhaltende Betriebe können trotz eines, im Vergleich zum Marktpreis, höheren internen Futterwertes<sup>22</sup> zwei Gründe gegen den Anbau von Leguminosen sprechen. (I) Die Opportunitätskosten durch den Verzicht des Anbaus anderer (Futter-)Pflanzen und die Möglichkeit des Bezugs von anderen Eiweißquellen wie z. B. Soja. (II) In Regionen mit hohen Vieh- und Biogasdichten könnte auch die eingeschränkte Möglichkeit zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern auf Flächen mit Leguminosen bzw. deren Folgefrüchten ursächlich sein.

Durch die Verbesserung der **Futterverwertung** kann der Nährstoffeinsatz und damit auch der Futtereinsatz bei gleichen Leistungen reduziert werden. Bei Milchkühen ist der Nährstoffbedarf neben der Milchmenge auch von der Laktationsphase abhängig (DLG 2020). Bei Mastschweinen variiert der Nährstoffbedarf in Abhängigkeit der Entwicklungsphasen (DLG 2019, Weber et al. 2020). Durch die Anpassung der Nährstoffversorgung an die sich hieraus ergebenden Bedarfe, kann im Vergleich zu einer Standardfütterung insbesondere eine Überversorgung mit RP verhindert werden. Bei Milchkühen und Mastschweinen könnte der **RP-Einsatz um etwa 286.000 t reduziert** werden<sup>23</sup>. Während die eingesetzte Futtermenge gleichbleibt, werden diese mit anderen Anteilen der einzelnen Komponenten gemischt (Meyer & Vogt 2018) und der Stickstoffgehalt in den Wirtschaftsdüngern gesenkt (DLG 2020; DLG 2019). Da bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern Stickstoffverluste durch Ammoniakemissionen entstehen, vermindert eine Reduktion des Stickstoffs in Wirtschaftsdüngern deren Verluste. Die Effekte der stickstoffreduzierten Fütterung werden im Zusammenhang mit der optimierten Wirtschaftsdüngerausbringung im übernächsten Absatz berücksichtigt. Eine Bewertung erhöhter Managementkosten sowie möglicher Investitionen in die Fütterungsautomatisierung und erhöhte Aufwendungen bei der Futtermittelanalyse erfolgt an dieser Stelle nicht.

Im Bereich der Bioenergie ist die **Biogas**produktion in Bezug auf die verwendeten Anbauflächen am bedeutendsten. Das wichtigste Substrat ist mit einem Masseanteil von 75% Silomais. Weil dieser eine sehr hohe Ressourceneffizienz aufweist (siehe Tabelle 2), bieten sich keine nennenswerten Alternativen zur Erreichung der Ziele des Green Deal. Da Biogasanlagen zeitweise besonders hohe Förderungen für die Verwendung von Wirtschaftsdüngern erhalten haben, verwundert das Auftreten von hohen Vieh- (DMK 2016b) und Biogasanlagenbeständen (BFN 2020) in schon zuvor viehstarken Regionen nicht. Im Zusammenhang mit dem Maisanbau für Biogas und Futterzwecke kann an dieser Stelle die hohe Maiskonzentration (DMK 2016a) von teilweise über 70% der Ackerfläche in einigen Regionen als kritisch in Bezug auf die Biodiversität gesehen werden. Ansätze zur Reduktion des Maisanteils in einzelnen Regionen werden in Abschnitt 4 diskutiert.

---

<sup>22</sup> In Tabelle 2 wird dies in der Zeile VK/RP sichtbar. Die exakte Ermittlung des internen Futterwerts ist deutlich aufwendiger z. B. von Weber et al. (2020) grundsätzlich dargestellt.

<sup>23</sup> Einsparungen von 45.838 t Stickstoff (siehe Anhang 4) geteilt durch 16% Stickstoffgehalt in RP = 286.500 t RP.

Bei der Biogasproduktion (62 Mio. m<sup>3</sup>) und in der Tierhaltung (142 Mio. m<sup>3</sup>) fallen mit insgesamt 204 Mio. m<sup>3</sup> flüssige **Wirtschaftsdünger** an. Im Durchschnitt beträgt der Stickstoffgehalt 3,93 kg/m<sup>3</sup> und insgesamt sind 802.096 t enthalten, die auf 9,1 Mio. ha ausgebracht werden<sup>24</sup>. Unter Verwendung von Kennzahlen zur Ammoniakemissionen von Häußermann et al. (2019) ergeben sich bei der Ausbringung Verluste von 365.000 t. (45%) Stickstoff. Durch die oben angesprochene stickstoffoptimierte Fütterung von Milchkühen und Mastschweinen könnte der durchschnittliche Stickstoffgehalt auf 3,71 kg/m<sup>3</sup> und insgesamt 758.840 t abgesenkt werden. Durch eine Umstellung der Ausbringungstechnik auf das Schleppschuhverfahren bei Grünland und unbestelltem Ackerland sowie direkte Einarbeitung oder Injektion auf bestelltem Ackerland, könnten die Verluste um 109.502 t reduziert werden. Die zusätzlichen Ausbringungskosten von 13,38 €/ha werden unter der Annahme eines Stickstoffpreises von 1 €/kg und den errechneten Einsparungen von 12 kg mineralischem Stickstoff je ha fast vollständig kompensiert. Im Saldo betragen diese 1,38 €/ha. Allerdings wären für die Umstellung der Ausbringungstechnik **Investitionen in Höhe von etwa 440 Mio. €** notwendig. Durch die **Minderung der Stickstoffverluste um 109.502 t** kann auf die gleiche Menge mineralischen Stickstoffs verzichtet werden.

Erhebliche Einsparpotenziale bieten auch die Ansäuerung von Wirtschaftsdüngern<sup>25</sup> (Häußermann et al. 2020) und der Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren (+10% Düngeeffizienz, Flessa et al. 2014;). Allerdings erscheinen die Ansäuerung aufgrund des Umgangs mit Säure (Gefahrgut) und der Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren aufgrund hoher Kosten nicht für einen flächendeckenden Einsatz geeignet und werden daher an dieser Stelle nicht weiter beachtet.

Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltwirkung bei **pflanzlichen Nahrungsmitteln** werden für Weizen und Zucker in Abschnitt 3.3 gezeigt. Bei **Obst und Gemüse** fällt vor allen Dingen der hohe PSM-Einsatz auf (siehe Abschnitt 2.5). Hier scheint trotz der geringen Anbaufläche ein erhebliches Einsparpotenzial bei PSM zu liegen. Bei genauerer Betrachtung relativiert sich diese Einschätzung jedoch. Da bei Obst und Gemüse hohe Anforderungen an die (optische) Qualität der Produkte gestellt werden (Ebert et al. 2020), sind neben Ertragseinbußen auch Verminderungen der Qualität ökonomisch äußerst relevant. Versuche zum Apfelanbau zeigen, dass eine Reduktion des Fungizideinsatzes um 50% einen Rückgang der vermarktungsfähigen Waren um durchschnittlich 43% mit sich bringt (Knutson et al. 1994). Selbst unter Zuhilfenahme flankierender Maßnahmen verschlechtert eine Reduktion des PSM-Einsatzes um 40% die ökonomischen Parameter um etwa 20% (Naef et al. 2011). Auch bei Erdbeeren (LLSA 2016) und Spargel (Laber 1999) birgt der Verzicht auf PSM erhebliche ökonomische Kosten und Risiken, weshalb in diesem Bereich eine Reduktion des PSM-Einsatzes nicht weiter betrachtet wird. Ein weiterer Grund für diese Entscheidung ist die geringe Substituierbarkeit von Obst und Gemüse, die als pflanzliche Nahrungsgüter oft wertgebende Zutaten darstellen.

### 3.2 Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft

Zur Erreichung des 25%-Ziels muss die ökologische Landwirtschaft um 2,54 Mio. ha (+16% der gesamten Nutzfläche) ausgedehnt werden. Es wird die Annahme getroffen, dass die Ausweitung proportional zu den aktuellen Anteilen von Ackerland und Grünland des organischen Landbaus erfolgt (siehe Abschnitt 2.4). Die Effekte der Ausweitung unter Berücksichtigung des in Abschnitt 2.2 abgeleiteten Stickstoffeinsatzes von 125 kg/ha bei Ackerland und 100 kg/ha Grünland und

---

<sup>24</sup> Quellen: siehe Anhang 4. Auch die nachfolgenden Berechnungen dieses Absatzes finden sich dort.

<sup>25</sup> -17% Ammoniakemissionen (Häußermann et al. 2020)

den durchschnittlichen Erträgen von 48,6 GE und 4,7 dt RP/ha Ackerland sowie 26,2 GE und 2,28 dt RP/ha Grünland<sup>26</sup> sind in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3: Anbau und Erträge in der ökologischen Landwirtschaft heute und im Jahr 2030.**

	Fläche				Erntemengen		Stickstoffeinsatz t N
	(Mio. ha)	Anteil an ges. Nutzfläche			GE (Mio.)	RP (1000. t)	
2017-2019	0,71	0,84	1,55	9%	56,2	524,8	172.750
2030	1,81	2,28	4,09	25%	156,1	1457,8	454.250
<b>Saldo 2030 vs. 2020</b>	<b>+1,10</b>	<b>+1,44</b>	<b>+2,54</b>	<b>+16%</b>	<b>+99,9</b>	<b>+933,0</b>	<b>+281.500</b>

Eigene Berechnung mit Daten aus Destatis (2017-2020), AMI (2019), LfL 2020a und SLL 2005.

Analog zur Flächenausweitung ergeben sich Zuwächse bei den Erntemengen und dem Stickstoffeinsatz im Bereich der ökologischen Landwirtschaft. Diese relativieren sich bei der späteren Berücksichtigung des Rückgangs der konventionell bewirtschafteten Fläche.

Die Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft auf 25% verursacht **jährliche zusätzliche Produktionskosten von etwa 257 Mio. €**. Dieser Wert ergibt sich aus der Differenz (101 €/ha) der durchschnittlichen variablen Kosten je ha in der ökologischen (969 €/ha) und der konventionellen Wirtschaftsweise (868 €/ha) multipliziert mit der Flächenausdehnung (2,54 Mio. ha) der ökologischen Pflanzenproduktion<sup>27</sup>. Die Kosten der Ausdehnung der ökologischen Tierhaltung sind in diesem Wert nicht berücksichtigt. Da die Förderung der ökologischen Landwirtschaft von 260 €/ha indirekt auch die Tierhaltung beinhaltet, könnten die durchschnittlichen zusätzlichen Kosten durch die Differenz aus dem Förderbetrag und den zusätzlichen Kosten in der Pflanzenproduktion näherungsweise bestimmt werden. Allerdings wird dies hier nicht weiterverfolgt, da die Erlöse in der Folge unterschiedlicher Erzeugerpreise zwischen ökologischen und konventionellen Produkten variieren und hierdurch nicht eindeutig von der Förderung auf die Kostendifferenz geschlossen werden kann. Eine Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft führt auf den betreffenden Flächen zu einer Erhöhung der Artenvielfalt und hat somit (lokal) einen positiven Einfluss auf die Biodiversität (Sanders & Heß 2019). Wie in Abschnitt 3.4 gezeigt wird, führt die Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft in der Gesamtbetrachtung aufgrund der im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft geringeren Hektarerträge zu Ertragsrückgängen. Die Konsequenzen des inländischen Produktionsrückgangs auf die Biodiversität werden in Abschnitt 4 diskutiert.

### 3.3 Anpassungen in der konventionellen Pflanzenproduktion

Bei **Grünland** könnte die Reduktion des Stickstoffeinsatzes einen Betrag zur Erreichung der Ziele des Green Deal leisten. Mit sinkender Stickstoffdüngung steigt die Pflanzenvielfalt auf Grünland an (Wesche et al 2012), wodurch auch ein Beitrag zur Biodiversität geleistet werden könnte. Allerdings führt die angenommene Ausdehnung des ökologisch bewirtschafteten Grünlands (siehe Abschnitt 3.2) schon zu relativ starken Rückgängen des Grünlands in konventioneller Bewirtschaftung (-1,44 Mio. ha) und einer Reduktion der Erntemenge um 54 Mio. GE und 446.000 t RP in diesem Bereich (siehe Tabelle 4).

<sup>26</sup> Eigene Berechnung, Quellen siehe Anhang 1.

<sup>27</sup> Siehe Anhang 1

**Tabelle 4: Konventionelle Bewirtschaftung von Grünland. Fläche und Erträge heute und im Jahr 2030.**

	Fläche (Mio. ha)	Erntemengen		Stickstoffeinsatz t N
		GE (Mio.)	RP (1000. t)	
2017-2019	3,70	140	1.147	462.500
2030	2,26	85	701	282.500
<b>Saldo 2030 vs. 2020</b>	<b>-1,44</b>	<b>-55</b>	<b>-446</b>	<b>-180.000</b>

Eigene Berechnung, Annahme Stickstoffdüngung: 142 kg/ha, Quellen: siehe Anhang 1.

Die Stickstoffdüngung ist essentiell zur Steuerung des Massenertrages. Eine Reduktion der Düngung erzeugt in etwa proportionale Ertragsrückgänge (Elsässer 2016) und es müssten andere Rohstoffe zum Ausgleich sinkender Erträge genutzt werden. Wie später in diesem Abschnitt gezeigt wird, sind im Ackerbau unterproportionale Ertragsrückgänge infolge einer Stickstoffextensivierung möglich. Daher wird die Reduktion der Düngung bei Grünland nicht berücksichtigt.

Im **Ackerbau** bieten grundsätzlich die teilflächenspezifische Bewirtschaftung, die mechanische Unkrautbekämpfung und pauschale Reduktionen sowie die Fruchtfolgegestaltung ein Potenzial zur DM- und PSM-Einsparung. Bei Winterweizen können durch eine Anpassung der Qualitätsbeurteilung zusätzlich DM eingespart werden. Die Potenziale der Maßnahmen werden nacheinander beschrieben. Die in diesem Abschnitt beschriebene Fruchtfolgegestaltung erfordert die Veränderung der Anbaufläche einzelner Kulturpflanzen. Daher können die Effekte der agronomischen Maßnahmen nicht ohne Weiteres auf die aktuellen Anbauflächen (unter Berücksichtigung der Reduktion durch die Ausdehnung des ökologischen Ackerbaus) bezogen werden. Dies erfolgt vorab nur für Acker- und Dauerkulturen (sonstige Kulturen), für die in diesem Beitrag keine weiteren Anpassungen beschrieben werden. Die Effekte bei den sonstigen Kulturen sind in **Tabelle 5** aufgeführt und beruhen auf der Annahme, dass der Anbau durch die Ausdehnung der ökologischen Bewirtschaftung proportional reduziert wird.

**Tabelle 5: Flächen und Erträge „sonstiger“ Acker- und Dauerkulturen im konventionellen Anbau heute und im Jahr 2030.**

	Fläche (Mio. ha)	Erntemengen		Pflanzenschutzmitteleinsatz (Mio. Bl)	Stickstoffeinsatz t N
		GE (Mio.)	RP (1000. t)		
2017-2019	2,46	158	1.338	12,95	314.750
2030	2,22	142	1.251	11,67	283.796
<b>Saldo 2030 vs. 2020</b>	<b>-0,24</b>	<b>-15</b>	<b>-136</b>	<b>-1,27</b>	<b>-30.953</b>

Eigene Berechnung, Quellen siehe Anhang 1

Die Effekte der agronomischen Maßnahmen bei den wichtigsten ackerbaulichen Nutzpflanzen werden in einem Szenario mit angepassten Anbauflächen am Ende dieses Abschnitts dargestellt.

Bei **teilflächenspezifischer Bewirtschaftung (Precision Farming)** werden DM und PSM (Fungizide) unter Berücksichtigung des Ertragspotenzials bzw. des Pflanzenbedarfs innerhalb einer landwirtschaftlichen Fläche angepasst. Hierbei werden Informationen aus Ertragskarten, von Sensoren und von Satelliten sowie Kombinationen dieser (Karte + Sensor und Karte + Satellit = MapOverlay) zur Intensitätsanpassung verwendet (Drücker 2016). Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich bezüglich der fixen und variablen Kosten sowie in den Einsparpotenzialen. Daher wird die ökonomische Vorzüglichkeit vom Einsatzumfang bestimmt. Während bei einem jährlichen Einsatz auf 100 ha kartenbasierte Verfahren mit 15,33 €/ha die geringsten Verfahrenskosten ver-

ursachen, ist das sensorbasierte Verfahren bei 1.000 ha Einsatzumfang mit 11,70 €/ha am vorzüglichsten<sup>28</sup>. Aufgrund des hohen Einsparpotenzials und der moderaten Kosten wird nachfolgend beispielhaft angenommen, dass das MapOverlay-Verfahren mit Satellitendaten und mit einer jährlichen Auslastung von 500 ha genutzt wird. Das satellitenbasierte Verfahren hat im Vergleich zum Einsatz von Sensoren den Vorteil deutlich geringerer Investitionen, da lediglich das Applikationsgerät um- bzw. ausgerüstet werden muss. Unter den genannten Annahmen verursacht die Anwendung Kosten in Höhe von 19,30 €/ha<sup>29</sup>.

Während Schneider & Wagner (2008) erhebliche Einsparpotenziale bei Winterweizen und Raps feststellen, konnte dies in einem Langzeitversuch (Borchardt et al. 2017) nicht ermittelt werden. Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten auf den Heterogenitätsgrad der Versuchsflächen zurückzuführen sein. Für die nachfolgenden Berechnungen wird mit einer Stickstoffeinsparung von 8,9% bei Winterweizen und Winterraps der Mittelwert der beiden Studien verwendet. Die Ergebnisse werden zudem auf die übrigen Wintergetreide übertragen. Nach Dammer & Ehlert 2006 kann der Fungizideinsatz in Winterweizen durch den Einsatz des MapOverlay-Verfahrens um 22,7% reduziert werden. Auch diese Ergebnisse werden nachfolgend auf die übrigen Wintergetreide übertragen. Die dargestellten Einsparungen konnten jeweils ohne Ertragsverluste erreicht werden. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Stickstoff- und Fungizideinsparungen sowie durchschnittlichen Preisen für diese, wiegen die eingesparten Kosten für DM und PSM die zusätzlichen Verfahrenskosten fast auf (siehe Anhang 5). Für die flächendeckende Anwendung des MapOverlay-Verfahrens wird ein **Investitionsbedarf von 1,26 Mrd. €** geschätzt.<sup>30</sup>

Neben teilflächenspezifischer Bewirtschaftung kann die **pauschale Reduktion** von DM- und PSM durchgeführt werden, um die Ziele des Green Deal zu erreichen. Während moderate Extensivierungen häufig kaum Ertragseffekte hervorrufen und insbesondere aufgrund von PSM-Einsparungen insgesamt kaum zu Änderungen in den Deckungsbeiträgen führen, variieren die ökonomischen Effekte stärkerer Extensivierungen kulturartenspezifisch (z. B. Busche 2008; LKH 2005; Saltzmann & Kehlenbeck 2018; VDLUFA 2018). Im Nachfolgenden werden pauschale Extensivierungen berücksichtigt, die einen Minderertrag von weniger als 10% erzeugen<sup>31</sup>.

Zur Reduktion von Unkräutern im konventionellen Ackerbau können neben Herbiziden auch **mechanische Verfahren** genutzt werden. Als Kombination beider Systeme kommt vor allem die Bandspritze in Frage. Hierbei wird zwischen Kulturreihen gehackt und die Pflanzenreihen chemisch behandelt. Hierdurch besteht ein Minderungspotenzial von 60% des Herbizidaufwands in Zuckerrüben (Warnecke-Busch & Mücke 2020). Nach Riske (2018) konnte im praktischen Einsatz das Verfahren auch in weiteren Reihenkulturen erfolgreich eingesetzt werden. In der nachfolgenden Berechnung werden deshalb auch für Mais sowie Leguminosen und Raps, die grundsätzlich

---

<sup>28</sup> Eigene Berechnung mit Daten aus Borchardt et al. (2017) und Lorenz & Münchoff (2015).

<sup>29</sup> Eigene Berechnung. Annahmen Kosten für Ertragspotenzialkarte/ Hofbodenkarte 2,33 €/ha, Satellitendaten inkl. Datenaufbereitung 15 €/ha, technische Vorrichtung am Applikationsgerät (2 €/ha).

<sup>30</sup> Eigene Berechnung. Annahmen Einsatzumfang: Düngung: 4 Mio. ha (siehe Tabelle 6, Wintergetreide und Raps) Einsatzumfang Pflanzenschutz: 3 Mio. ha (siehe Tabelle 6, Wintergetreide). Ausrüstung Applikationsgeräte: 10.000 €/Gerät. Einsatzfläche je Applikationsgerät 500 ha/Jahr, Bedarf an Applikationsgeräten: 12.600 (14.000 neue Applikationsgeräte – 1.400 vorhandene ausgerüsteter Applikationsgeräte in Anlehnung an Pößneck 2011).

<sup>31</sup> Die konkreten Effekte der Extensivierung bei einzelnen Kulturen werden an dieser Stelle aus Platzgründen nicht näher beschrieben. Sie werden jedoch bei der Berechnung der Minderungspotenziale einbezogen und sind in Anhang 6 bis Anhang 12 aufgeführt.

ebenfalls als Reihenkultur angebaut werden können, dieselben Reduktionspotenziale angenommen. Die zusätzlichen Verfahrenskosten für die Bandspritzung werden auf 97,92 €/ha geschätzt.<sup>32</sup> Durch Einsparungen bei PSM um 65 €/ha werden diese bei Mais, Raps und Leguminosen nur teilweise gedeckt. Bei Zuckerrüben verbessert diese Technik mit Einsparungen von 201 € PSM-Kosten die Wirtschaftlichkeit des Anbaus je ha (siehe Anhang 6). Unter der Annahme, dass diese Technik in konventionellen Ackerbaubetrieben derzeit nicht eingesetzt wird, liegt der **zusätzliche Investitionsbedarf bei 1,39 Mrd. €**<sup>33</sup>.

Im Bereich der **Fruchtfolge** ist insbesondere der hohe Anteil an Wintergetreide negativ zu bewerten, da diese in Selbstfolge geringere Erträge sowie geringere DM- und PSM-Effizienzen aufweisen. Im Anbau nach Getreide werden bei Weizen gegenüber dem Anbau nach Blattfrüchten mehr PSM eingesetzt (6,3 vs. 5,8 BI, Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018) und Stickstoff (+ 10 kg nach DüV) gedüngt. Zudem wird ein geringerer Ertrag erzielt (Guddat 2013). Da in Anlehnung an Kleffmann (2012) ein Stoppelweizenanteil von 20% angenommen wird, ist der Effekt auf den durchschnittlichen Weizenanbau<sup>34</sup> mit 2 kg N/ha und 0,2 BI/ha eher gering. Aufgrund mangelnder Daten, werden nachfolgend für Winterroggen die gleichen Effekte angenommen. Auch bei Wintergerste ist die PSM-Intensität nach Halmfrüchten höher (4,3 vs. 4,1 BI, Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018). Da Wintergerste aktuell zu etwa 80% (in Anlehnung an die Daten von Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018) nach Getreide angebaut wird, führt der komplette Verzicht auf Gerste nach Halmfrüchten zu einer durchschnittlichen Einsparung von 8 kg N/ha und einer Reduktion des PSM Intensität von 0,1 BI/ha. Neben einer Verbesserung der DM- und PSM-Effizienz begünstigt die Ausweitung von Fruchtfolgen die Biodiversität.

Bisher ist der RP-Gehalt der entscheidende Parameter in der **Qualitätsbeurteilung** von E-, A- und B-**Weizen**. Allerdings ist nicht der RP-Gehalt, sondern bestimmte Proteinfractionen ausschlaggebend für die Backeigenschaften von Winterweizen. Unter Berücksichtigung der Sortenwahl können die geforderten Backeigenschaften bei deutlich geringeren RP-Gehalten erzielt werden, wodurch eine reduzierte Stickstoffdüngung und somit reduzierte Stickstoffüberschüsse in der Weizenproduktion möglich sind (Gabriel et al. 2015). Dafür müssten Qualitätsweizensorten angebaut werden, die bei geringeren Rohproteingehalt dennoch gute Backeigenschaften mit sich bringen (Friedt & Zetzsche 2019). Die Beschränkung auf bestimmte Sorten ist aus dem Anbau von Sommerbraugerste bekannt. Unter der Annahme, dass die Düngung bei E-Weizen um 30 und bei A-Weizen um 20 kg Stickstoff reduziert werden kann, ergibt sich unter Berücksichtigung der aktuellen Anbauverhältnisse<sup>35</sup> ein Einsparpotenzial von durchschnittlich 16 kg N/ha im Winterwei-

---

<sup>32</sup> Annahmen basierend auf KTBL 2020a-c: Bandspritze mit 6 m Arbeitsbreite: 2,2 Überfahren x 55 €/Überfahrt - Kosten des Referenzverfahrens (Pflanzenschutzspritze mit 21 m Arbeitsbreite) 1,5 Überfahren x 14,55 €/ Überfahrt.

<sup>33</sup> Eigene Berechnung. Annahmen: Einsatzumfang 5,2 Mio. ha siehe Tabelle 6, Leguminosen, Zuckerrüben, Raps und Mais), Investitionen: 1,79 Mrd. € (Auslastung 250 ha/Jahr/ 2,15 Überfahrten = 116 ha , Bedarf an Bandspritzern: 44.720, Preis je Bandspritze: 40.000 €) abzüglich eingesparte Investitionen für konventionelle PSM-Spritzern (21 m) 446 Mio. € (Auslastung 840 ha/ 1,35 Überfahrten = 622 ha, Bedarf, Ersatz von 9.286 Stück, Preis 48.000 €).

<sup>34</sup> Nach Fläche gewichteter Mittelwert der Spalten „Blattfruchtweizen“ und „Stoppelweizen“ in Tabelle 2.

<sup>35</sup> E-Weizen 10,4%, A-Weizen 64,6% und B-Weizen 19,5% der gesamten Winterweizenfläche (Füllgrabe et al. 2019).



zenanbau. Die Einsparung in der Düngung würde bei einem Stickstoffpreis von 1 €/kg die Produktionskosten um 16 €/ha reduzieren. Allerdings würde das Sortenspektrum für die Landwirte eingeschränkt.

Zur Entwicklung einer Vorstellung über die Gesamteffekte der beschriebenen Maßnahmen, wird nachfolgend ein **Szenario für den Anbau der beschriebenen Ackerkulturen** dargestellt<sup>36</sup>. Aktuell werden diese auf 9,05 Mio. ha (siehe Tabelle 2) angebaut. Durch die Berücksichtigung der in Abschnitt 3.2 dargestellten Ausdehnung des ökologischen Ackerbaus um 1,1 Mio. ha, ergibt sich bei einer proportionalen Reduktion der hier betrachteten Kulturen eine verbleibende Fläche von 8,16 Mio. ha (siehe Tabelle 6). Auf dieser wird eine Verschiebung der Flächenanteile vorgenommen. Die Anbauflächen von Winterweizen und Wintergerste werden auf 2 bzw. 0,5 Mio. reduziert und die von Winterroggen aufgrund der Anbaubedeutung auf schwächeren Standorten auf 0,5 Mio. ha belassen. Insgesamt ergibt sich eine deutliche Einschränkung der relativ intensiv geführten Wintergetreide auf 3 Mio. ha. Der Umfang von Silomais (2,2 Mio. ha) und Zuckerrüben (0,4 Mio. ha) wird aufgrund der hohen Ressourceneffizienz und der Umfang von Raps wegen seiner Bedeutung für die Biokraftstoffherstellung (siehe Abschnitt 2.6) mit 1 Mio. ha fast nicht verändert. Die Fläche von Körnermais wird leicht auf 0,6 Mio. ha und die von Erbsen und Ackerbohnen deutlich auf jeweils 0,5 Mio. ha ausgedehnt. Durch dieses Vorgehen reduziert sich der Anteil von Wintergetreide, was den Überlegungen zur Fruchtfolgegestaltung Rechnung trägt. Zudem benötigen Körnermais und die Leguminosen weniger PSM und wie in Abschnitt 3.1 gezeigt wurde, können sie grundsätzlich in der Tierfütterung verwertet werden. Durch die Ausdehnung der Körnerleguminosen würde eine weitere Kulturpflanzenart in nennenswertem Umfang angebaut, was sich positiv auf die Biodiversität auswirken würde.

**Tabelle 6: Szenario für potenzielle Anbaumfänge, Erträge sowie Stickstoff und Pflanzenschutzmitteleinsatz bedeutender Ackerbaukulturen im Jahr 2030.**

Kultur	Wintergetreide			Mais		Winterraps	Zuckerrüben	Körnerleguminosen		Gesamt (Mio.)
	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen	Silomais	Körnermais			Erbsen	Ackerbohnen	
Fläche (Mio. ha)	2,00	0,50	0,50	2,14	0,62	1,00	0,40	0,50	0,50	8,16
BI	2,7	2,9	2,8	0,9	0,9	2,5	2,9	1,8	1,8	16,19
N (kg/ha)	149	120	118	128	128	117	87	0	0	922,86
Ertrag (GE/ha)	74,1	69,3	49,7	115,7	95,32	33,9	170	33	33,9	649,69
RP (dt/ha)	7,8	7,6	4,5	11,2	7,9	5,3	13,3	6,6	9,6	69,24
VK (€/ha)	691,7	697,0	626,2	882,6	1089,7	669,7	1328,5	638,3	690,5	6474,70
DB (€/ha)	618,4	335,6	185,7	197,4	413,8	281,3	814,9	-18,2	60,2	2.804,73

Durch den Vergleich zur Ausgangssituation können die Veränderungen durch die reduzierte Anbaufläche in Folge der Ausweitung des ökologischen Ackerbaus und der agronomischen Maßnahmen im konventionellen Ackerbau ermittelt werden (siehe Tabelle 7). Insgesamt könnte der PSM-Einsatz um 23,9 Mio. BI und die Stickstoffmenge um 478.100 t gesenkt werden. Allerdings

<sup>36</sup> Die detaillierten Effekte aus teilflächenspezifischer Bewirtschaftung, mechanischer Unkrautbekämpfung (Bandspritze) und pauschaler Reduktionen von DM und PSM sowie die Fruchtfolgegestaltung und der Anpassung der Qualitätsbeurteilung bei Winterweizen sind für jede der ausgeführten Kulturen in Anhang 6 bis Anhang 13 aufgeführt.

könnten auch die vielfältigen agronomischen Maßnahmen und hierfür notwendigen zusätzlichen Investitionen von 2,65 Mrd. € in Landtechnik den Rückgang in der Erntemenge um 109 Mio. GE und 123.900 t RP nicht verhindern.

**Tabelle 7: Vergleich Szenario 2030 vs. aktuelle Produktion bedeutender konventioneller Ackerkulturen.**

	Fläche (Mio. ha)	Erntemengen		PSM-Einsatz BI (Mio.)	Stickstoffeinsatz N (1.000 t)N
		GE (Mio.)	RP (Mio. t)		
2017-2019 <sup>1</sup>	9,05	759,0	8,16	40,1	1.401,0
2030 <sup>2</sup>	8,16	649,7	6,92	16,2	922,9
<b>Saldo 2030 vs. 2020</b>	<b>-0,89</b>	<b>-109,3</b>	<b>-123,9</b>	<b>-23,9</b>	<b>-478,1</b>

Eigene Berechnung, <sup>1</sup>siehe Tabelle 2, <sup>2</sup>siehe Tabelle 6

Obwohl die variablen Kosten insgesamt deutlich sinken, wären die ökonomischen Auswirkungen für die Landwirte negativ. Während in der Ausgangssituation im Durchschnitt Deckungsbeiträge von 387,3 €/ha erzielt wurden, sind es im Szenario 2030 343,7€/ha, was einer Reduktion um 43,6 €/ha entspricht. Die Verminderung der Erträge und der Deckungsbeiträge sind neben der Flächeneinschränkung hauptsächlich der unterstellten Ausweitung des Leguminosenanbaus zuzuschreiben. Das erhöhte Anbaurisiko infolge der PSM-Reduktionen ist bislang nicht berücksichtigt. Zudem muss angenommen werden, dass der Einsatz des MapOverlay-Verfahrens und der Bandspritze zunächst Lernkosten beim Umgang mit diesen technisch aufwändigeren Verfahren verursacht. Weitere Nachteile sind die Bindung von Betriebsvermögen durch die zusätzlichen Investitionen und die erforderliche Maschinenauslastung, die insbesondere von kleinen Betrieben durch Kooperationen oder eine Auslagerung dieser Arbeiten erreicht werden müsste.

### 3.4 Zusammenfassung und Diskussion

Durch die in diesem Abschnitt dargestellten Maßnahmen kann das angenommene Einsparziel von 25,9 Mio. BI bei PSM erreicht werden (siehe Tabelle 8). Bei Stickstoff können immerhin etwa drei Viertel des angenommenen Zieles von 594.000 t eingespart werden. Weitere Einsparungen erscheinen allerdings aufgrund der bereits relativ umfangreichen Reduktionen bei den bedeutenden Kulturpflanzen im konventionellen Ackerbau (siehe Abschnitt 3.3) schwierig. Bei den beschriebenen Einsparungen der Stickstoffzufuhr wurden durch die Annahme der Düngung nach DüV vergleichsweise geringe Ausgangswerte zur Ermittlung der Effekte berücksichtigt. Die Einsparungen wurden unter Verwendung von prozentualen Minderungen berechnet, woraus sich eine konservative Schätzung ergibt. Bei der Berechnung der Einsparziele sind jedoch auch höhere Ausgangswerte der Flächenbilanz eingeflossen. Dieser Sachverhalt relativiert die Verfehlung des Einsparziels. Den Einsparungen steht ein Ertragsrückgang von 103 Mio. GE (9,3%) und 1,13 Mio. t RP (10,3%) entgegen. Die angenommene Erweiterung der Fruchtfolge durch die Ausdehnung des Anbaus von Körnerleguminosen führt zu einer Erhöhung der Biodiversität. Insgesamt führen die beschriebenen Maßnahmen c. p. zu ökonomischen Nachteilen für die konventionellen Landwirte: Die Deckungsbeiträge sinken und es müssen zusätzliche Investitionen in die technische Ausstattung getätigt werden.

**Tabelle 8: Übersicht über die Effekte.**

Maßnahme	Erträge		PSM-Einsatz (Mio. Bl)	Stickstoffeinsatz 1.000t N	Investitionen (Mio. €)
	GE (Mio.)	RP (Mio. t)			
Ausgangssituation	1.111	10,97	53,2	2.969	
Flächenverluste	-12	-0,12	-0,7	-27	
25% ökol. Landwirtschaft	+100	+0,93		+281	
Tierhaltung, Bioenergie		+0,29			440
Grünland (konv.)	-55	-0,45		-180	
Sonstiger Ackerbau (konv.)	-15	-0,14	-1,27	-31	
Ackerbau (konv.)	-109	-1,23	-23,9	-478	2.650
<b>Gesamt</b>	<b>-103</b>	<b>-1,13</b>	<b>-25,9</b>	<b>-435</b>	<b>3.090</b>
Angenommene Ziele			<b>-25,9</b>	<b>-594</b>	

## 4 Zusammenfassung und Diskussion potenzieller Instrumente zur Erreichung der Ziele

Der Beitrag dieser Studie besteht in der Bestandsaufnahme der aktuellen Produktion der bedeutendsten Nutzpflanzen und deren Verwendung in Wertschöpfungsketten der AEW in Deutschland sowie der Ermittlung von Effekten durch Maßnahmen zur Erreichung der Ziele des Green Deal. Hierdurch können Größenordnungen von Mengenänderungen sowie Kosten und das zusätzliche Investitionsvolumen bestimmt werden.

Grundsätzlich können die hier thematisierten Ziele des Green Deal durch agronomische und organisatorische Maßnahmen und Anpassungen des Managements in der Tier- und Pflanzenproduktion erreicht werden.

Eine Einschränkung der Ergebnisse ist, dass die Studie eine Vielzahl von Annahmen enthält. Außerdem ist die Anzahl an wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu den Fragestellungen dieser Arbeit (erstaunlicherweise) beschränkt und nicht selten mussten eigene Berechnungen (siehe z. B. Anhang 1) angestellt sowie auf praxisorientierte Veröffentlichungen zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse können somit nur unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen interpretiert werden. Die beschriebenen Maßnahmen...

- I. ... führen insgesamt zu einer Reduktion der inländischen Produktion um ca. 9% bei GE und um 10% bei RP. Dabei kommt es in der ökologischen Landwirtschaft zu einer Ausweitung und in der konventionellen Landwirtschaft zu einer Verminderung der Produktionsmengen.
- II. ... führen unter der Annahme gleichbleibender Preise zu sinkenden Deckungsbeiträgen (ca. -40 €/ha) in der konventionellen Landwirtschaft. Die zusätzlichen Managementanstrengungen sind hierbei ebenso wenig berücksichtigt wie die Gefahr von Ertragsschwankungen infolge der Extensivierung des PSM- und DM-Einsatzes.<sup>37</sup>
- III. ... zur Reduktion von Nährstoffverlusten und zur bedarfsgerechten PSM-Applikation erfordern zusätzliche Investitionen von etwa 3,1 Mrd. €

Diese zentralen Ergebnisse werden nachfolgend diskutiert. Insbesondere die Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft führt aufgrund der relativ geringen Hektarerträge zu einer Reduktion der **inländischen Produktion**. Wie in Abschnitt 2.7 gezeigt wird, ist Deutschland aktuell Netto-Importeur von Agrarrohstoffen. Der aktuelle virtuelle Importsaldo von knapp 7 Mio. ha würde sich durch

<sup>37</sup> Für die ökologische Landwirtschaft wurden aufgrund mangelnder Daten keine ökonomischen Kennzahlen berechnet.

den Rückgang der inländischen Produktion unter der Annahme eines gleichbleibenden Konsums vergrößern. Vor dem Hintergrund der weltweit stetig steigenden Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen (Alexandratos & Bruinsma 2012) sowie der Ausweitung landwirtschaftlicher Flächen zu Lasten von Naturflächen (Foley et al. 2011, Alexandratos & Bruinsma 2012) besteht die Gefahr, dass es im außereuropäischen Raum zu einer Ausdehnung bzw. Intensivierung der Produktion kommt und Umweltbelastungen verlagert und insbesondere die Biodiversität negativ beeinflusst wird. Die EK (2019) hat angekündigt, zukünftig bei Importen die gleichen Umweltstandards wie innerhalb der EU zu verlangen: „Eingeführte Lebensmittel, die nicht den einschlägigen EU-Umweltnormen entsprechen, werden auf den EU-Märkten nicht zugelassen“. Grundsätzlich verspricht dieses Vorhaben eine Verminderung der Gefahr von Verlagerung der genannten Umweltprobleme. Am Beispiel von Sojaimporten lässt sich jedoch die Schwierigkeit dieses Unterfangens illustrieren. Der überwiegende Anteil von Soja wird weltweit mit gentechnisch veränderten Pflanzen und Glyphosat angebaut. Während beides in Deutschland faktisch verboten ist bzw. wird, ist Gentechnik innerhalb der EU grundsätzlich zulässig und könnte nach derzeitigem Stand somit nicht Gegenstand von Importvorgaben sein. Zudem ist fraglich, inwieweit gegebenenfalls zukünftig erhöhte Standards innerhalb der EU auf Produzenten außerhalb der EU übertragen und deren Einhaltung kontrolliert werden kann.

Sollte es trotz dieser Herausforderungen gelingen, höhere **Umweltauflagen für in- und ausländische Produzenten** durchzusetzen, kann angenommen werden, dass es zu einer Kostensteigerung kommt, die im Inland zu höheren Verbraucherpreisen führt. In diesem Falle müssten also die Konsumenten die höheren Umweltauflagen tragen. Da die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft durch die Aus- und Einfuhr von Agrarprodukten und Nahrungsmitteln (siehe Abschnitt 2.7) deutlich mehr als nur die inländisch konsumierten Waren verarbeitet und exportiert, würden sich die Exportchancen auf Märkte außerhalb der EU verschlechtern. Gelingt die Durchsetzung höherer Standards für ausländische Produzenten jedoch nicht, dann könnten die Verarbeiter und Konsumenten auf dann (vermutlich) günstigere Agrarrohstoffe ausländischer Anbieter zurückgreifen. Dies könnte, zusätzlich zu dem in Kapitel 3.3 beschriebenen Produktionsrückgang, zu weiteren Produktionsverlagerungen führen. Durch die inländischen Kostensteigerungen und das Vorherrschen von „Weltmarktpreisen“ würde sich die wirtschaftliche Lage der hiesigen Landwirte verschlechtern.

Für die **ökologische Landwirtschaft** wird eine Steigerung des Angebots proportional zur Flächenausdehnung angenommen (siehe Abschnitt 3.2.). Trotz des stetig wachsenden Marktes für Bio-Produkte besteht grundsätzlich die Gefahr, dass die Ausdehnung der Angebotsmenge um 16% im Vergleich zu heute, zu einer strukturellen Überversorgung führt, was die Preise der ökologischen Erzeugnisse senken würde. Sollte dieser Fall eintreten, hätte dies für ökologisch wirtschaftenden Betriebe aufgrund höherer Stückkosten (siehe Anhang 1) negative Auswirkungen, da ökologische Erzeugnisse vermutlich kaum auf ausländischen Märkten abgesetzt werden können. Um das 25%-Ziel zu erreichen, müsste in diesem Fall die Förderung für die ökologische Landwirtschaft erhöht werden. Umgekehrt kann angenommen werden, dass Skaleneffekte die Kosten auf nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette senken und somit auch die Endkundenpreise reduzieren. Die hierdurch erhöhte Nachfrage könnte die wirtschaftliche Situation von ökologischen Betrieben verbessern und eine Reduktion der Subventionen für ökologische Landwirtschaft ermöglichen. Eine abschließende Einordnung ist zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht möglich.

Die in Abschnitt 3.3 beschriebenen **Maßnahmen im konventionellen Ackerbau** sind unter den getroffenen Annahmen insgesamt ökonomisch nachteilig für die landwirtschaftlichen Betriebe. Die Reduktionen der DM- und PSM-Kosten durch den Einsatz von effizienteren Maschinen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, die teilflächenspezifische Bewirtschaftung und der Einsatz von Bandspritzen sind in der durchschnittlichen Betrachtung geringer als die Summe aus den

Verfahrenskosten und den entgangenen Erlösen in Folge entgangener Erträge. Die Ausweitung der Fruchtfolge bietet im Hinblick auf die Ressourceneffizienz einzelner Kulturpflanzen und die Biodiversität große Vorteile und würde die Wirtschaftlichkeit des aktuell dominierenden Wintergetreides erhöhen. Umgekehrt müssten hierfür jedoch der Anbau ökonomisch unattraktiver Pflanzen wie z. B. Leguminosen verstärkt und die monetär besonders attraktiven Wintergetreide reduziert werden, was im Durchschnitt zu geringeren Deckungsbeiträgen führt. Dieses Ergebnis beruht auf der Annahme gleichbleibender Erzeugerpreise, was wiederum implizit die Annahme beinhaltet, dass die oben angesprochene Durchsetzung höherer Produktionsstandards für außereuropäische Anbieter nicht gelingt. Insgesamt haben die Landwirte unter den aktuellen Bedingungen keinen ökonomischen Anreiz zur Anwendung dieser Möglichkeiten.

Zur Beeinflussung der einzelbetrieblichen Entscheidungen zum Einsatz von PSM und DM, bei der Gestaltung des Anbauprogramms (Fruchtfolge) und bei Investitionen, bestehen grundsätzlich vielfältige Möglichkeiten. Die EK verweist auf die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) als zentrales Instrument und fordert, dass die Ziele des Green Deal in vollem Umfang in den nationalen Strategieplänen für die Landwirtschaft zur Umsetzung der GAP 2021-2027 enthalten sein sollen. Mindestens 40% der Gesamtmittel des EU-Agrarhaushalts 2021-2027 sollen für umweltpolitische Ziele eingesetzt werden. Zusätzlich werden ordnungsrechtliche Bestimmungen wie z. B. gesetzlich festgelegte Höchstmengen für DM und PSM sowie Steuern auf DM und PSM in Betracht gezogen (EK 2019). Viele von diesen Instrumenten, wie z. B. Verbote oder Höchstmengen für DM (DüV) und PSM (EU-VO 1107/2009), die Förderung extensiver Bewirtschaftungsformen bzw. Kulturpflanzen oder Fruchtfolgen (BMEL 2020b) sowie die Förderung von Investitionen in ressourceneffiziente Produktionstechnik (BMEL 2020c) werden aktuell angewendet.

Durch eine Erhöhung der **Förderung** könnten Anreize für die in Abschnitt 3 beschriebenen Maßnahmen gesteigert werden. Für die Verteilung der Lasten ist dabei entscheidend, woher die Mittel stammen. Wenn diese aus Umschichtungen innerhalb des bestehenden Agrarhaushalts stammen, erhalten die Landwirte an anderen Stellen entsprechend weniger Mittel und die Lasten verbleiben auf dieser Stufe. Wenn zusätzliche (allgemeine) Steuermittel verwendet werden, tragen die Steuerzahler die zusätzlichen Kosten. Wenn, wie z. B. von Isermeyer (2019) im Kontext von Tierwohl angeführt, eine Konsumsteuer (Mehrwertsteuer) auf Agrarprodukte erhoben und zur Finanzierung der Förderung verwendet würde, dann würden die Kosten auf die Verbraucher übertragen.

In Abschnitt 3.3 wird im Szenario für das Jahr 2030 eine Ausdehnung des Leguminosenanbaus angenommen. Dies geschieht trotz geringer Deckungsbeiträge mit Verweis auf die **Fruchtfolge** und Vorteile bezüglich der Biodiversität durch die Erweiterung des Fruchtartenspektrums. Jedoch kann nicht von der Betrachtung der gesamten Anbaufläche auf das lokale oder regionale Anbauspektrum geschlossen werden. Dies kann am Beispiel von Mais gezeigt werden. Da (Silo-)Mais aufgrund der geringen Kosten je GE (siehe Tabelle 2) sowohl als Tierfutter als auch als Biogassubstrat besonders geeignet ist, verwundert die hohe **Konzentration des Maisanbaus** in einzelnen Regionen mit hoher Vieh- und Biogasanlagendichte kaum (siehe Abschnitt 3.1). Diese Konzentration ist im Hinblick auf die Biodiversität kritisch zu beurteilen. Zudem ergibt sich durch die Konzentration des Maisanbaus in diesen Regionen gleichzeitig eine höhere Konzentration von Wintergetreide in anderen Regionen, weshalb eine gleichmäßigere Verteilung vorteilhaft wäre. Allerdings würde dann die Erzeugung von Futtermitteln bzw. Substrat von den derzeitigen Verwertungsorten entfernt stattfinden, was wiederum ebenfalls nachteilhaft erscheint. Um den Maisanbau regional zu verlagern, könnte versucht werden die Viehbestände oder die Biogasanlagen gleichmäßiger zu verteilen.

Da eine Verlagerung der Tierhaltung auch eine Verlagerung der nachgelagerten Stufen, wie z. B. Schlachtbetriebe oder Molkereien erfordern würde oder höhere Transportwege mit sich brächte, verspricht eine andere Verteilung von Biogasanlagen weniger aufwändig zu sein. Die Rentabilität

von Biogasanlagen wird entscheidend von der Einspeisevergütungen beeinflusst. Hier könnte, im Gegensatz zur früheren Einspeisevergütung mit Anreizen für Biogasanlagen in viehstarken Regionen (Güllebonus), ein umgekehrter Ansatz Abhilfe schaffen. Durch attraktive Einspeisevergütungen in Regionen mit geringer Viehbestands- und Biogasdichte, könnte eine gleichmäßigere Verteilung des Maisanbaus erreicht werden. Durch die Verlagerung der Biogasproduktion könnten zudem die lokal hohen Nährstoffmengen aus Wirtschaftsdüngern (Häußermann et al. 2019) besser verteilt werden.

Insgesamt zeigt sich, dass die Ziele des Green Deal die gesamte AEW betreffen und vielfältige Instrumente zur Ausgestaltung zur Verfügung stehen. Je nach Ausgestaltung können unterschiedliche Anreize gesetzt und die Kosten zur Erreichung der Ziele des Green Deal auf einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette bis hin zu den Verbrauchern verteilt werden.

## 5 Literatur

ALEXANDRATOS, N., BRUINSMA, J.:

World Agriculture Towards 2030/2050. The 2012 Revision. ESA Working Paper, 12-03. Hg. v. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom (2012)

AMI (AGRARMARKT INFORMATIONS-GESELLSCHAFT):

Bio Strukturdaten. Strukturdaten nach Bundesländern, Bonn (2019)

BACH, M., KLEMENT, L., HÄUSSERMANN, U.:

Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitrateinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse. Teil I: Beitrag zur Entwicklung einer ressortübergreifenden Stickstoffstrategie Zwischenbericht (Texte, 55/2016). Hg. v. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau (2016)

BECKMAN, J., IVANIC, M., JELLIFFE, J., L., BAQUEDANO, F., G., SCOTT, S., G.:

Economic and Food Security Impacts of Agricultural Input Reduction Under the European Union Green Deal's Farm to Fork and Biodiversity Strategies (Economic Brief, 30). Hg. v. United States Department of Agriculture (2020)

BFN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ):

Erneuerbare Energien Report. Die Energiewende naturverträglich gestalten!, Bonn (2020):

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG):

Getreide und Getreideerzeugnisse. Versorgungsbilanz für Getreide. Wirtschaftsjahr 2017/18 (2019)

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG):

Bericht zur Markt- und Versorgungslage Futtermitteln. Futteraufkommen, Bonn (2019b)

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG):

Bericht zur Markt- und Versorgungslage Zucker 2020 (2020)

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG):

Bericht zur Markt- und Versorgungslage Zucker 2020 (2020)

BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT):

Nationale Versorgungsbilanzen. Online verfügbar unter:

<https://www.bzl-datenzentrum.de/versorgung/>, (2020)

BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT):

Förderung von besonders nachhaltigen Verfahren im Ackerbau oder bei einjährigen Sonderkulturen. Förderbereich 4: Markt- und standortangepasste sowie umweltgerechte Landbewirtschaftung einschließlich Vertragsnaturschutz und Landschaftspflege, (2020b)

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL):

Richtlinie zur Investitionsförderung im Rahmen des Investitions- und Zukunftsprogramms für die Landwirtschaft, (2020c)

BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT):

Tabellen zur Landwirtschaft. Flächenbilanz von 1990 bis 2018 - kt N. Online verfügbar unter <https://bmel-statistik.de/landwirtschaft/tabellen-zur-landwirtschaft/>, (2017-2020)

- BÖHM, H., DAUBER., DEHLER, M., AMTHAUER GALLARDO, D., A., DE WITTE, T., et al.: Fruchtfolgen mit und ohne Leguminosen: Ein Review. In: Journal für Kulturpflanzen 72 (10-11), S. 489–509, (2020)
- BONSELS, T., WEISS, J.:  
Milchkuhfütterung ohne Sojaextraktionsschrot. Hg. v. Union zur Förderung von Oel- und Eiweißpflanzen, Berlin (2014)
- BORCHARDT, I., LUBKOWITZ, C., KOCH, C., SCHÄFER, B., MÜLLER, M.:  
On-Farm-Research Abschlussbericht. Hg. v. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Rendsburg (2017):
- BUSCHE, S.:  
Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes – Konsequenzen für das Schaderregerauftreten und die Wirtschaftlichkeit in Getreide-Zuckerrübe-Fruchtfolgen. Dissertation, Göttingen (2008)
- BVI (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT):  
Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2019, Braunschweig (2020)
- CARLEN, C., ANÇAY, A.:  
Düngung von Beerenkulturen. Hg. V. Agroscope. Agrarforschung Schweiz, 8 (6) Sonderpublikation, Conthey (Schweiz) (2017)
- DACHBRODT-SAAYDEH, S., SELLMANN, J., STRASSEMAYER, J., SCHWARZ, J., et al.:  
Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Zwei-Jahresbericht 2015 und 2016 - Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2016. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Nr. 194, Braunschweig (2018)
- DAMMER K.-H., EHLERT, D.:  
Variable-rate fungicide spraying in cereals using a plant cover sensor. In: Precision Agriculture 7 (2), S. 137–148, (2006)
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT):  
GENESIS Online-Datenbank. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon>, (o. J.)
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT):  
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftliche Bodennutzung. Fachserie 3, 3.1.2: Anbau auf dem Ackerland, Wiesbaden (2017-2020)
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT):  
Agrarstrukturerhebung 2016. Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben, Wiesbaden (2017)
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT):  
Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2010 – 2017, Wiesbaden (2018)
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT):  
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Fachserie 3, 3.1.3: Gemüseerhebung- Anbau und Ernte von Gemüse und Erdbeeren, Wiesbaden (2020)
- DIEPENBROCK, W., ELLMER, F., LEON, J.:  
Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 4. Auflage, Stuttgart (2016)



DIEREND, W., SCHACHT, H., FRÜND, H.-C., SCHÜTT, C.:  
Einfluss organischer N-Dünger auf die Ertrags- und Wuchsleistung der Apfelsorte 'Jonagold'. In: Erwerbs-Obstbau 48 (3), S. 78–88, (2008)

DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT):  
Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen. DLG-Merkblatt 418, Frankfurt am Main (2019)

DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT):  
Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkühen. DLG-Merkblatt 444, Frankfurt am Main (2019)

DMK (DEUTSCHES MAISKOMITEE e.V.):  
Prozentualer Anteil des Maisanbaus an der Ackerfläche für Deutschland auf Kreisebene 2016. Online verfügbar unter [https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/statistik/dateien\\_pdf/Vergleich\\_Maisanteil\\_an\\_AF\\_und\\_LN\\_Kreisebene\\_2016.pdf](https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/statistik/dateien_pdf/Vergleich_Maisanteil_an_AF_und_LN_Kreisebene_2016.pdf), (2016a)

DMK (DEUTSCHES MAISKOMITEE e.V.):  
Gesamtviehichte (GVD) je Hektar Landwirtschaftliche Nutzfläche für 2016. Online verfügbar unter [https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/statistik/dateien\\_pdf/Gesamtviehichte\\_Kreisebene\\_2016.pdf](https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/statistik/dateien_pdf/Gesamtviehichte_Kreisebene_2016.pdf), (2016b)

DRÜCKER, H.:  
Precision Farming. Sensorgestützte Stickstoffdüngung. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Heft 113, Darmstadt (2016)

DUNKEL, S., BAUMGÄRTEL, T., DEGNER, J., GRÄFE, E., GUDDAT, C., HEINZE, A. et al.:  
Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes einheimischer Eiweißpflanzen und anderer heimischer Eiweißträger in der Tierfütterung in Thüringen. Hg. v. Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (Projekt-Nr. 95.12) (2016)

EBERT, V., GERWING, E., HORLITZ, T., MITYORN, L.:  
Umwelt- und klimarelevante Qualitätsstandards im Lebensmitteleinzelhandel. Ursachen und Lösungen. Hg. v. Umweltbundesamt, Texte 72, Dessau-Roßlau (2020)

EK (Europäische Kommission):  
Der europäische Grüne Deal. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. (COM2019/640, Brüssel (2019)

EK (EUROPÄISCHE KOMMISSION):  
From Farm to Fork. Our food, our health, our planet, our future. The European Green Deal. (2020a)

EK (EUROPÄISCHE KOMMISSION):  
Bringing nature back into our lives (Factsheet). EU 2030 Biodiversity strategy. Europäische Kommission (2020b)

ELSÄSSER, M.:  
Wie intensiv kann Grünland bewirtschaftet werden? Mehr Qualitätsfutter von Wiesen und Weiden. In: DLZ Agrarmagazin (5), S. 32–36, (2016)

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS):  
The future of food and agriculture. Trends and challenges. Rom (2017)

FLESSA, H., GREEF, J.-M., HOFMEIER, M., DITTERT, K., RUSER, R., OSTERBURG, B. et al.: Minderung von Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft. Empfehlungen für die Praxis und aktuelle Fragen an die Wissenschaft. Hg. v. Senat Bundesforschung., Berlin (2014)

FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e. V.):

Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Online verfügbar unter <https://basisdaten.fnr.de/land-und-forstwirtschaft/landwirtschaft> (2020)

Fried, W., Zetzsche, H.:

Zuchtfortschritt bei Weizen: Ergebnis der Optimierung von Kornertrag, Ertragssicherheit und Qualität. In Journal für Kulturpflanzen 71 (11). S 277-285, (2019)

FÜLLGRABE, N., SCHWAKE-ANDUSCHUS, C., HÜSKEN, A.:

Die Qualität der deutschen Winterweichweizenernte 2019. Quantitatives und qualitatives Ergebnis in Bund und Ländern. In: Mühle und Mischfutter 156, 24.10.2019 (20), S. 642–651, (2019):

GABRIEL, D., PFITZNER, C., HAASE, N., U., HÜSKEN, A., PRÜFER, H., GREEF, J.-M., RÜHL, G.:

New strategies for a reliable assessment of baking quality of wheat - Rethinking the current indicator protein content. In: Journal of Cereal Science 77, S. 126–134, (2017)

GUDDAT, C.

Ergebnisse zum Stoppelweizenanbau. Hg. v. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. TLL-Kolloquium. Online verfügbar unter <http://www.tll.de/www/daten/veranstaltungen/materialien/kolloquien/stw10413.pdf>, Jena (2013)

GUDDAT, C., DEGNER, J., MARSCHALL, K., ZORN, W., GÖTZ, R.:

Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterweizen. 8. Aufl. Hg. v. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena (2015)

HÄUSSERMANN, U., BACH, M., KLEMENT, L., BREUER, L.:

Stickstoff-Flächenbilanzen für Deutschland mit Regionalgliederung Bundesländer und Kreise – Jahre 1995 bis 2017. Methodik, Ergebnisse und Minderungsmaßnahmen. Hg. v. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau (2019)

HÄUSSERMANN, U., BACH, M., BREUER, L., DÖHLER, H.:

Potenziale zur Minderung der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft. Berechnung der Minderungspotenziale von Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft zur Reduktion der nationalen Ammoniakemissionen und Entwicklung von Szenarien zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der neuen NEC-Richtlinie (EU) 2284/2016. Hg. v. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. (2020)

ISERMEYER, F.:

Tierwohl: Freiwilliges Label, obligatorische Kennzeichnung oder staatliche Prämie? Überlegungen zur langfristigen Ausrichtung der Nutztierstrategie. Hg. v. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Working Paper 124, Braunschweig (2019)

ISERMEYER, F., NIEBERG, H., BANSE, M., BOLTE, A., CHRISTOPH, I., DAUBER, J., et al.:

Auswirkungen aktueller Politikstrategien (Green Deal, Farm-to-Fork, Biodiversitätsstrategie 2030; Aktionsprogramm Insektenschutz) auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei. Hg. v. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Working Paper, 156, Braunschweig (2020)

KLEFFMANN (KLEFFMANN GROUP):

Studieninformation 2011/2012. Online verfügbar unter [https://www.kleffmann.com/download-file?file\\_id=445&file\\_code=8d36e25845](https://www.kleffmann.com/download-file?file_id=445&file_code=8d36e25845), Lüdinghausen, 2012

- KNUTSON, R., D., HALL, C., SMITH, EDWARD G., COTNER, S., MILLER, J., W.:  
Yield and cost impacts of reduced pesticide use on fruits and vegetables. In: Choices 9 (1), S. 15–18, (1994)
- LABER, H.:  
Effizienz mechanischer Unkrautregulationsmaßnahmen im Freilandgemüsebau. Dissertation, Hannover (1999)
- LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT):  
Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Gelbes Heft. LfL-Information, Freising-Weißenstephan (2018)
- LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT):  
Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 45. Aufl., Freising-Weißenstephan (2020)
- LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT):  
Pflanzenbau. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ipz/index.php>, zuletzt geprüft am 18.01.2021., (2020b)
- LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT):  
Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Konventionelle und ökologische Verfahren. Online verfügbar unter <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>, (2021)
- LKH (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER):  
Versuche und Versuchsergebnisse zur grundwasserschutzorientierten Landbewirtschaftung. Auswirkung verschiedener Stickstoffdüngungs- Systeme und Fruchtfolgen auf Ertrag und Qualität von Pflanzen, Hannover (2005)
- LLSA (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND GARTENBAU SACHSEN-ANHALT):  
Krankheiten und Schädlinge an Erdbeeren. Bernburg (Saale) (2016)
- LORENZ, F., MÜNCHHOFF, K.:  
Teilflächen bewirtschaften, Frankfurt (2015)
- MEYER, A., VOGT, W.:  
Ackerbohnen in der Schweinemast. Hg. v. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. (2018)
- NAEF, A., MOURON, P., HÖHN, H.  
Nachhaltigkeitsbewertung von Pflanzenschutzstrategien im Apfelanbau. In: Agrarforschung Schweiz, 2 (6-7), S. 334-341, Conthey (Schweiz) (2017)
- NEMECEK, T., VON RICHTHOFEN, J.-S., DUBOIS, G., CASTA, P., CHARLES, R., PAHL, H.:  
Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. In: European Journal of Agronomy 28 (3), S. 380–393, (2008)
- NEUWEILER, R.:  
Nitrogen Fertilization In Integrated Outdoor Strawberry Production. In: Acta Horticulturae (439), S. 747–752, (1997)
- OSTERBURG, B., KÄTSCH, S., WOLFF, A.:  
Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Hg. v. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 13, Braunschweig (2013)
- SALTZMANN, J., KEHLENBECK, H.:  
Wirtschaftlichkeitsbewertung von Pflanzenschutzstrategien in E- und A-Weizen anhand eines Feldversuches in Brandenburg mit sechsgliedriger Fruchtfolge in den Jahren 2004 bis 2016. In: Gesunde Pflanzen 70 (3), S. 129–138, (2018)

SLL (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT):

Futterrationsbeispiele für Ökobetriebe. Online verfügbar unter [https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Futterrationsbeispiele\\_OEKO.pdf](https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Futterrationsbeispiele_OEKO.pdf), (2005)

PÖßNECK, J. :

Analysen und Trends; Thema: Precision Farming. Hg. v. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen, (2011)

Riske, D.:

Maschinenhacke neu entdeckt. Ein Erfahrungsbericht. Online verfügbar unter: <https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de>, (2018)

ROßBERG, D., AECKERLE, N., STOCKFISCH, N.: Erhebungen zur Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln in Zuckerrüben. In: *Gesunde Pflanzen* 69 (2), S. 59–66, (2017)

ROßBERG, D., HOMMES, M.:

NEPTUN-Gemüsebau 2017. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, Nr. 199. Hg. v. Julius Kühn-Institut, Braunschweig (2018)

SANDERS, J., HESS, J.:

Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. Aufl. Hg. v. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 56, Braunschweig (2019)

SCHNEIDER, M., WAGNER, P.:

Ökonomische Effekte der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung auf betrieblicher Ebene. In: *pre agro II Abschlussbericht*. S. 401–438, (2008)

TAUBE, F., BACH, M., BREUER, L., EWERT, F., FOHRER, N., LEINWEBER, P. et al.:

Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung: Stickstoff- und Phosphor-Überschüsse nachhaltig begrenzen. Fachliche Stellungnahme zur Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau (2020)

VDLUFA (VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN):

Wirkungen reduzierter N-Düngung auf Produktivität, Bodenfruchtbarkeit und N-Austragsgefährdung – Beurteilung anhand mehrjähriger Feldversuche. *VDLUFA-Schriftenreihe* 72/2018, Darmstadt (2018)

WARNECKE-BUSCH, G., MÜCKE, M.:

Systeme zur mechanischen und mechanisch-chemischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) – Versuche in Niedersachsen. In: *Tagungsband 29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*. Hg. v. Julius-Kühn-Institut. Braunschweig (2020)

WEBER, M.:

Umweltgerechte Mastschweinefütterung. Einsatz von Futtererbsen in der Schweinemast. Hg. v. Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg (2016)

WEBER, M., PREISSINGER, W., BELLOF, G.:

Ackerbohnen, Körnerfuttererbsen, Süßlupinen und Sojabohnen in der Schweinefütterung. 2. Aufl. Hg. v. Union zur Förderung von Oel- und Eiweißpflanzen, Berlin (2020)

WESCHE, K., KRAUSE, B., CULMSEE, H., LEUSCHNER, C.:

Fifty years of change in Central European grassland vegetation: Large losses in species richness and animal-pollinated plants. In: *Biological Conservation* 150 (1), S. 76–85, (2012):

## 6 Anhang

### Anhang 1: Kennzahlen der Pflanzenproduktion in Deutschland.

	Winterweizen	Stoppelweizen	Sonst. W-Weizen	Dinkel	Wintergerste	Winterraps	Silomais	Körnermais	W.-Roggen
Fläche (ha) <sup>1</sup>	2.950.333	590.067 <sup>2</sup>	2.360.267 <sup>2</sup>	80.000 <sup>3</sup>	1.268.667	1.129.000	2.172.300	423.333	567.333
Gesamternte (t)	21.566.937	4.006.731	17.560.206	402.982	8.719.969	3.605.273	87.702.992	3.805.767	2.723.200
Gesamternte (GE)	224.296.141	41.670.002	182.626.140	4.191.010	87.199.689	46.868.553	263.108.976	41.102.280	27.504.320
Ertrag (dt/ha) <sup>1</sup>	73.10	67.90	74.40	50.37	68.73	31.93	403,73	89,90	48,00
Ertrag (GE/ha) <sup>4</sup>	76.02	70.62	77.38	52.39	68.73	41.51	121,12	97,09	48,48
<b>Ökologischer Landbau</b>									
Fläche (ha) <sup>5</sup>	74,979		74,979	28,253	21,190	7,715	28,326	21,161	63,026
Anbauanteil (%)	4,9		4,9	1,8	1,4	0,5	1,8	1,4	4,1
Öko-Anteil (%) <sup>l</sup>	2,3		2,9	32,5	1,5	0,6	1,2	4,6	10,2
Gesamternte (t) <sup>5</sup>	318,213		318,213	94,000	83,764	14,085	972,702	118,160	241,829
Gesamternte (GE)	3,309,417		3,309,417	977,600	837,644	183,101	2,918,107	1,276,129	2,442,469
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	42,4		42,4	33,3	39,5	18,26	343,4	55,8	38,4
GE/ha	44,1		44,1	34,6	39,5	23,7	103,0	60,3	38,8
Ertrag (dt RP/ha) <sup>7</sup>	4,58		4,58	3,99	3,40	3,65	8,58	4,80	2,95
Gesamtertrag (RP t)	34,367		34,367	11,280	7,204	2,817	24,318	10,162	18,621
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	980		980	827	781	800 <sup>10</sup>	1,482	1,188	827
VK (€/dt)	23,09		23,09	24,87	19,75	43,82	4,32	21,28	21,56
VK/ (€/GE)	22,20		22,20	23,91	19,75	33,71	14,39	19,71	21,35
<b>Konventioneller Landbau</b>									
Fläche (ha) <sup>5</sup>	2.875.354	590.067	2.285.288	51.747	1.247.477	1.121.285	2.143.974	402.173	504.307
Anbauanteil (%)	19,2	3,9	15,3	0,3	8,3	7,5	14,3	2,7	3,4
Gesamternte (t)	21.248.724	4.006.731	17.241.993	308.982	8.636.204	3.591.189	86.730.290	3.687.607	2.481.371
Gesamternte GE	220.986.725	41.670.002	179.316.723	3.213.410	86.362.044	46.685.453	260.190.869	39.826.151	25.061.851
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	73,9	67,9	75,4	59,7	69,2	32,0	404,5	91,7	49,2
GE/ha	76,9	70,6	78,5	62,1	69,2	41,6	121,4	99,0	49,7
BI <sup>10</sup>	5,9	6,3	5,8	5,0 <sup>11</sup>	4,3	6,6	2,1	2,1	4,1
GE/BI	13,0	11,2	13,5	12,4	16,1	6,3	57,8	47,2	12,1
Düngung kg N/ha <sup>12</sup>	182	190	180	160	140	160	160	160	130
GE/kg N	0,42	0,37	0,44	0,39	0,49	0,26	0,76	0,62	0,38
Ertrag (dt RP/ha) <sup>13</sup>	8,94	8,22	9,13	6,57	7,62	6,50	11,73	8,25	4,53
Gesamtertrag (t RP )	2.571.096	484.814	2.086.281	33.988	949.982	729.011	2.515.178	331.885	228.286
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	786	843	771	776	745	825	885	1,122	660
Variable Kosten (€/dt)	10,63	12,41	10,22	13,00	10,76	25,76	2,19	12,24	13,41
Variable Kosten (€/GE)	10,23	11,93	9,83	12,50	10,76	19,82	7,29	11,33	13,27

<sup>1</sup>Mittelwert der Jahre 2017-2019, Quellen: Destatis (2017-2020), BMEL (2017-2020), <sup>2</sup>Annahme 20% Stoppelweizen in Anlehnung an Kleffmann (2011) und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>Schätzung auf Basis aktueller Marktberichte, da die Dinkelfläche statistisch gemeinsam mit Weizen erfasst wird, <sup>4</sup>eigene Berechnung auf Basis des Getreideeinheitenschlüssels, <sup>5</sup>eigene Berechnungen auf Basis AMI (2019), <sup>6</sup>eigene Berechnungen auf Basis von LfL (2021), <sup>7</sup>eigene Berechnung auf Basis SLL (2005), <sup>8</sup>Quelle: LfL (2021), Annahmen: Durchschnittswerte 2017-2019; Ertrag und Stickstoffeinsatz entsprechend dieser Tabelle, Phosphor- und Kaliumdüngung nach Entzug; Schlaggröße 5 ha, mittlere Pflanzenschutzintensität; Stickstoffpreis 1 €/kg, <sup>9</sup>Annahme, da keine erhobenen Daten aufgrund von vergleichbaren Kulturen. <sup>9</sup>Annahme, da keine erhobenen Daten aufgrund von vergleichbaren Kulturen, <sup>10</sup>BI = Behandlungsindex, Quelle: Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>11</sup>Annahme auf Basis LfL (2020b), <sup>12</sup>zulässige Düngung nach Düngeverordnung (DüV) 2017, <sup>13</sup>eigene Berechnung mit LfL (2020a)

Fortsetzung Anhang 1

	Wintertriticale	Sommerweizen	Sommergerste	Hafer	Durum	Sonst. Getreide	Erbesen	Ackerbohnen	Lupinen
Fläche (ha) <sup>1</sup>	369.667	62.000	382.000	131.667	30.667	10.333	77.000	50.000	24.333
Gesamternte (t)	2.155.157	309.587	1.967.300	558.267	155.787	38.233	239.727	172.500	31.228
Gesamternte (GE)	21.767.082	3.219.701	19.673.000	4.689.440	1.620.181	328.807	2.493.157	1.587.000	312.278
Ertrag (dt/ha) <sup>1</sup>	58,30	49,93	51,50	42,40	50,80	37,00	31,13	34,50	12,83
Ertrag (GE/ha) <sup>4</sup>	58,88	51,93	51,50	35,62	52,83	31,82	32,38	31,74	12,83
<b>Ökologischer Landbau</b>									
Fläche (ha) <sup>5</sup>	36.946	14.126	23.906	41.293	779*	3.803 <sup>13</sup>	7.389	20.646	10.323
Anbauanteil (%)	2,4	0,9	1,6	2,7	0,1	0,3	0,5	1,3	0,7
Öko-Anteil (%)	9,2	21,0	5,8	28,9	2,3	33,9	8,8	38,0	39,0
Gesamternte (t) <sup>5</sup>	149.922	43.693	94.462	152.814	2.230	10.635	18.642	64.465	10.379
Gesamternte (GE)	1.514.208	454.409	944.622	1.283.642	23.191	91.460	193.872	593.082	103.786
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	40,6	30,9	39,5	37,0	28,6	28,0	25,2	31,2	10,1
GE/ha	41,0	32,2	39,5	31,1	29,8	24,0	26,2	28,7	10,1
Ertrag (dt RP/ha) <sup>7</sup>	3,57	3,34	3,40	3,92	3,09	2,52	5,30	8,12	3,32
Gesamtertrag (RP t)	13.193	4.719	8.124	16.198	241	957	3.915	16.761	3.425
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	744	845	839	692	817****	817****	568	641	467
VK (€/dt)	18,33	27,30	21,22	18,70	28,57****	28,57****	22,53	20,54	46,42
VK/ (€/GE)	18,15	26,25	21,22	22,27	27,42****	27,42****	21,66	22,32	46,42
<b>Konventioneller Landbau</b>									
Fläche (ha) <sup>5</sup>	332.720	47.874	358.094	90.374	29.887	6.530	69.611	29.354	14.010
Anbauanteil (%)	2,2	0,3	2,4	0,6	0,2	0,0	0,5	0,2	0,1
Gesamternte (t)	2.005.235	265.894	1.872.838	405.452	153.557	27.598	221.085	108.035	20.849
Gesamternte GE	20.252.874	2.765.293	18.728.378	3.405.798	1.596.990	237.347	2.299.285	993.918	208.491
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	60,3	55,5	52,3	44,9	51,4	42,3	31,8	36,8	14,9
GE/ha	60,9	57,8	52,3	37,7	53,4	36,3	33,0	33,9	14,9
BI <sup>10</sup>	4,6	4,1 <sup>11</sup>	4,1 <sup>11</sup>	4,1 <sup>11</sup>	5,0 <sup>11</sup>	4,1 <sup>11</sup>	3,0 <sup>11</sup>	3,0 <sup>11</sup>	3,0 <sup>11</sup>
GE/BI	13,2	14,1	12,8	9,2	10,7	8,9	11,0	11,3	5,0
Düngung kg N/ha <sup>12</sup>	150	180	100	90	150	147****	0**	0**	0 <sup>14</sup>
GE/kg N	0,41	0,32	0,52	0,42	0,36	0,36			
Ertrag (dt RP/ha) <sup>13</sup>	6,39	6,72	5,75	4,85	6,22	4,23	6,57	9,57	4,93
Gesamtertrag (t RP )	212.555	32.173	206.012	43.789	18.580	2.760	45.765	28.089	6.901
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	654	673	602	501	747	690****	603	656	469
Variable Kosten (€/dt)	10,84	12,12	11,51	11,18	13,23	16,31	19,00	17,81	31,52
Variable Kosten (€/GE)	10,74	11,65	11,51	13,30	12,72	19,018	18,26	19,36	31,52

\*Schätzung des Anbauverhältnisses in Abhängigkeit der übrigen Kulturen im Ökolandbau aufgrund fehlender statistischen Erhebung, \*\*Annahme: keine Stickstoffdüngung bei Leguminosen, in DüV sind 40 kg N/ha als Bedarfswert angegeben, \*\*\*Durchschnitt aus allen Getreidearten, \*\*\*\*Mittelwert aller Getreidearten der jeweiligen Wirtschaftsweise

Fortsetzung Anhang 1

	Sojabohnen	Sonst. Hülsenfrüchte	Kartoffeln	Zuckerrüben	So.-Raps	Sonnenblumen	Getreide-GPS	Legum.-GPS	Ackergras
Fläche (ha) <sup>1</sup>	24.000	19.067	259.333	411.633	3.967	20.333	99.000	288.333	294.700
Gesamternte (t)	70.080	38.133	10.362.096	30.261.225	7.021	41.141	2.659.140	2.055.817	1.866.925
Gesamternte (GE)	686.784	373.707	22.796.610	69.600.816	91.273	514.264	7.977.420	11.923.737	11.388.239
Ertrag (dt/ha) <sup>1</sup>	29,20	20,00*	399,57	735,15	17,70	20,23	268,60	71,30	63,35
Ertrag (GE/ha) <sup>4</sup>	28,62	19,60	87,90	169,08	23,01	25,29	80,58	41,35	38,64
<b>Ökologischer Landbau</b>									
Fläche (ha) <sup>5</sup>	6.411	8.476 <sup>13</sup>	10.106	5.216	27 <sup>13</sup>	2.717	44.553	104.319	38.033
Anbauanteil (%)	0,4	0,6	0,6	0,3	0,0	0,2	2,9	6,8	2,5
Öko-Anteil (%)	24,6	40,9	3,6	1,2	0,6	12,3	41,4	33,3	11,9
Gesamternte (t) <sup>5</sup>	17.608	20.173	231.824	221.905	41	4.472	1.059.702	667.160	173.996
Gesamternte (GE)	172.562	197.694	510.012	510.381	529	55.906	3.179.106	3.869.530	1.061.373
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	27,5	23,8**	229,4	425,4	15,0	17,9	237,9	64,0	45,7
GE/ha	26,9	23,3	50,5	97,9	19,5	22,4	71,4	37,1	27,9
Ertrag (dt RP/ha) <sup>7</sup>	10,27	6,99	4,82	7,66	3,00	2,13	9,51	3,84	2,52
Gesamtertrag (RP t)	6.586	5.923	4.868	3.994	8	532	42.388	40.030	9.570
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	915	648**	3.435	2.801	650	815	967	832	832
VK (€/dt)	33,33	27,23	14,98	6,58	43,33	45,54	4,06	13,01	18,19
VK/ (€/GE)	34,01	27,81	68,07	28,63	33,33	36,43	13,55	22,44	29,82
<b>Konventioneller Landbau</b>									
Fläche (ha) <sup>5</sup>	17.589	10.591	249.227	406.417	3.940	17.617	54.447	184.015	256.667
Anbauanteil (%)	0,1	0,1	1,7	2,7	0,0	0,1	0,4	1,2	1,7
Gesamternte (t)	52.472	23.139	10.130.272	30.039.320	6.994	36.669	1.599.438	1.388.656	1.692.929
Gesamternte GE	514.222	226.759	22.286.598	69.090.435	90.916	458.358	4.798.314	8.054.207	10.326.867
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	29,8	29,4**	406,5	739,1	17,8	20,8	293,8	75,5	66,0
GE/ha	29,2	28,8	89,4	170,0	23,1	26,0	88,1	43,8	40,2
BI <sup>10</sup>	3,0 <sup>11</sup>	3,0 <sup>11</sup>	14,5	4,7	5,6 <sup>11</sup>	3,0 <sup>11</sup>	0 <sup>11</sup>	0 <sup>11</sup>	0 <sup>11</sup>
GE/BI	9,7	9,6	6,2	36,2	4,1	8,7			
Düngung kg N/ha <sup>12</sup>	0 <sup>14</sup>	0 <sup>14</sup>	140	130	150	80	140	200	326
GE/kg N			0,64	1,31	0,15	0,33	0,63	0,22	0,12
Ertrag (dt RP/ha) <sup>13</sup>	11,16	8,62	8,54	13,30	3,60	2,50	11,75	4,53	3,63
Gesamtertrag (t RP )	19.624	9.124	212.736	540.708	1.420	4.400	63.978	83.319	93.111
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	838	642**	2.679	1.389	600	623	838	435	435
Variable Kosten (€/dt)	28,09	21,84	6,59	1,88	33,78	29,94	28,09	5,76	6,59
Variable Kosten (€/GE)	28,66	22,29	29,96	8,17	25,99	23,95	28,66	9,93	10,80

\*Annahme auf Basis der übrigen Hülsenfrüchte und eigenen Recherchen. \*\*Mittelwert aller Hülsenfrüchte der jeweiligen Wirtschaftsweise

Fortsetzung Anhang 1

	Feldgemüse	Sonst, Ackerbau	Brache	Ackerland ges,	Dauerkult,	Ackerl. inkl. Dauerkult.	Grünland	LF gesamt
Fläche (ha) <sup>1</sup>	116.279	155.888	341.667	11.762.833	199.900	11.962.733	4.525.867	16.488.600
Gesamternte (t)	3.196.513	1.759.721	0		2.511.111		26.453.691	
Gesamternte (GE)	31.965.128	17.597.218	0	925.006.152	25.111.108	950.117.260	161.367.513	1.111.484.773
Ertrag (dt/ha) <sup>1</sup>	274,90	112,89	0		125,6		58,45	
Ertrag (GE/ha) <sup>4</sup>	274,90	112,89	0	78,6	125,6	79,4	35,7	67,4
<b>Ökologischer Landbau</b>								
Fläche (ha) <sup>5</sup>	15.534	24.691	9.780	673.725	23.906	697.631	847.589	1.545.220
Anbauanteil (%)	1,0	1,6	0,6	43,6	1,6	45,2	54,9	100
Öko-Anteil (%)	12,3	14,6	2,6	5,7	11,0	5,2%	17,2	8,5%
Gesamternte (t) <sup>5</sup>	336.470	203.725	0		189.237		3.645.395	
Gesamternte (GE)	3.364.703	2.037.254	0	32.105.789	1.892.371	33.998.160	22.236.908	56.235.068
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	216,6	82,51**	0		79,16		43,01	
GE/ha	216,6	82,51	0	47,7	79,16	48,73	26,24	36,4
Ertrag (dt RP/ha) <sup>7</sup>	10,83	10,53	0	4,9	3,96	4,91	2,15	3,40
Gesamtertrag (RP t)	16.824	26.003	0	333.028	9.462	342.490	182.270	524.760
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	5.000***	1.155	135	1.017	13.000****	1.427	600*****	973
VK (€/dt)	23,08	14,00			164,23		13,95	
VK/ (€/GE)	23,08	14,00		21,32	164,23	29,28	22,87	26,75
<b>Konventioneller Landbau</b>								
Fläche (ha) <sup>5</sup>	100.745	131.197	17.617	11.089.108	175.994	11.265.102	3.678.277	14.943.380
Anbauanteil (%)	0,7	0,9	0,1	74,2	1,2	75,4	24,6	100,0%
Gesamternte (t)	2.860.042	1.555.996	0		2.321.874		22.808.296	
Gesamternte GE	28.600.425	15.559.964	0	892.900.363	23.218.737	916.119.100	139.130.605	1.055.249.705
Ertrag (dt/ha) <sup>6</sup>	283,9	118,6 <sup>19</sup>	0		131,9		62,0*****	
GE/ha	283,9	118,6 <sup>19</sup>	0	80,5	131,9	81,3	37,8	70,6
BI <sup>10</sup>	8*	4,3 <sup>19</sup>	0	4,3	21,4***	4,6	0 <sup>11</sup>	3,5
GE/BI	35,5	27,6		18,7	6,2	17,7		20,2
Düngung kg N/ha <sup>12</sup>	150****	151 <sup>19</sup>	0	154	75	153	142*****	151
GE/kg N	3,79	0,79		0,52	1,76	0,53	0,27	0,47
Ertrag (dt RP/ha) <sup>13</sup>	14,19	15,75	0	8,42	6,6	8,39	3,10	7,09
Gesamtertrag (t RP )	143.002	206.652	0	9.334.123	116.094	9.450.217	1.140.415	10.590.32
Variable Kosten (€/ha) <sup>8</sup>	3.000***	865	134	847	10,000****	989	500*****	868
Variable Kosten (€/dt)	10,57	7,29						
Variable Kosten (€/GE)	10,57	7,29		10,52		12,17		12,30

\*Annahme auf Basis von Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), gewichteter Durchschnitt aus Möhren, Kohl, Spargel und Zwiebeln, Mittelwert aus allen Kulturen, \*\* Durchschnitt aus allen Kulturen, \*\*\* Annahme auf Basis von LfL (2020b) gewichteter und gerundeter Durchschnitt aus Möhren, Kohl, Spargel und Zwiebel, \*\*\*\*Mittelwert auf Basis von Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), gewichteter Durchschnitt aus Tafeläpfeln, Weinbau und Hopfen, \*\*\*\*\*Mittelwert aller Produktionsintensitäten im Grünland Lfl 2021);,



**Anhang 2: Futterbedarf von Milchkühen bei Fütterung mit Körnerleguminosen.**

<b>Futterbedarf (kg pro Tier und Tag)</b>										
<b>Grundfutter</b>	<b>Maisbetont</b>			<b>Grasbetont</b>		<b>Grasbetont mit Heu</b>		<b>Gras/Klee/Mais</b>		
	<b>RES AB</b>	<b>+ RES KE</b>	<b>+ RES +AB</b>	<b>RES KE</b>	<b>+ RES AB</b>	<b>+ RES KE</b>	<b>+ RES AB</b>	<b>+ RES KE</b>	<b>+ RES AB</b>	<b>+ RES KE</b>
Grassilage	13,5	13,5	25,5	25,5	25,2	25,2	13	13		
Maissilage	28	28	13	13			13	13		
Kleegrassilage							13	13		
Heu					3,4	3,4				
RES	1,8	2	0,9	1,1	0,5	0,7	0,3	0,8		
Ackerbohnen	3,1		2,4		2		2,5			
Erbsen		3,2		2,7		2,8		3,2		
Weizen			2,7	2,4	4,5	3,8	2,5	2,1		
Körnermais	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	0,7				
Trockenschnitzel	0,4	0,3	0,5	0,5	1,2	0,9	1	1		
Futterharnstoff		0,04			0,08	0,12	0,08			
Mineralfutter	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2		
<b>Futterverbrauch in dt je Kuh bei 305 Laktationstagen</b>										
Grassilage	41,2	41,2	77,8	77,8	76,9	76,9	39,7	39,7		
Maissilage	85,4	85,4	39,7	39,7	0,0	0,0	39,7	39,7		
Kleegrassilage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	39,7		
Heu	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	10,4	0,0	0,0		
RES	5,5	6,1	2,7	3,4	1,5	2,1	0,9	2,4		
Ackerbohnen	9,5	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	7,6	0,0		
Erbsen	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	9,8		
Weizen	0,0	0,0	8,2	7,3	13,7	11,6	7,6	6,4		
Körnermais	1,5	0,9	1,5	0,9	2,4	2,1	0,0	0,0		
Trockenschnitzel	1,2	0,9	1,5	1,5	3,7	2,7	3,1	3,1		
Futterharnstoff	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,4	0,2	0,0		
Mineralfutter	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6		
<b>Futterverbrauch in Tonnen</b>										
Anzahl (1.000)	Milchkühe	728	728	297	297	297	297	728	728	
Grassilage		2.997	2.997	2.312	2.312	2.285	2.285	2.886	2.886	
Maissilage		6.216	6.216	1.179	1.179	-	-	2.886	2.886	
Kleegrassilage		-	-	-	-	-	-	2.886	2.886	
Heu		-	-	-	-	308	308	-	-	
RES		400	444	82	100	45	63	67	178	
Ackerbohnen		688	-	-	-	181	-	555	-	
Erbsen		-	710	-	-	-	254	-	710	
Weizen		-	-	245	218	408	345	555	466	
Körnermais		111	67	45	27	73	63	-	-	
Trockenschnitzel		89	67	45	45	109	82	222	222	
<b>Benötigte Mengen (1.000Tonnen)</b>				<b>Ertrag (t/ha)</b>		<b>Benötigte Anbaufläche (ha)</b>				
Grassilage				20.962	6,7				3.110.021	
Maissilage				20.563	42,5				483.825	
Kleegrassilage				5.772						
Heu				308						
RES				1.378	1,9				393.722	
Ackerbohnen				1.425	3,6				395.728	
Erbsen				1.675	3,2				523.366	
Weizen				2.236	7,5				298.182	
Körnermais				386	9,2				42.113	

Eigene Berechnung, Quelle für Futterrationen Bonsels & Weiß (2014); Anzahl Milchkühe: 4,1 Mio., Quelle: BMEL (2020), durchschnittliche Milchleistung 30 kg, 305 Laktationstage, AB = Ackerbohnen, KE = Körnererbsen, RES = Rapsextraktionsschrot.

**Anhang 3: Futterbedarf von Mastschweinen bei Fütterung mit Körnerleguminosen.**

Rationstyp	Futterverbrauch je Mastschwein (kg)			
	Erbsen 15-20-20	Erbsen 20-20-25	Ackerbohnen 15-20-20	Ackerbohnen 15-20-25
Erbsen	48	57	0	0
Ackerbohnen	0	0	48	53
SES 48%	3	8	3	10
RES	20	0	22	0
Gerste	53	64	15	51
Weizen	74	91	51	138
Körnermais	54	32	113	0
Mineralfutter	6	6	6	6
Summe	258	258	258	258
Futterverbrauch (1.000 Tonnen)				
Mastschweine (Mio.)	13	13	13	13
Erbsen	625.950	739.050	-	-
Ackerbohnen	-	-	625.950	694.200
SES 48%	44.850	106.470	44.850	124.410
RES	253.500	-	280.800	-
Gerste	690.300	833.820	191.100	657.930
Weizen	955.890	1.183.650	657.540	1.795.950
Körnermais	702.000	409.500	1.472.250	-
Mineralfutter	81.510	81.510	81.510	81.510
Benötigte Mengen (1.000Tonnen)		Ertrag (t/ha)	Benötigte Anbaufläche (ha)	
Erbsen		.365	3,2	426.563
Ackerbohnen		1.320	3,6	366.708
SES48%		321	2,3	138.181
RES		534	1,9	278.281
Gerste		2.373	6,9	342.941
Weizen		4.593	7,5	612.404
Körnermais		2.584	9,2	281.761

Eigene Berechnung, Quelle für Futterrationen Weber et al (2020); Anzahl Milchkühe: Mastschweine: 52 Mio., Quelle: BMEL (2020), Tägliche Zunahme: 800g, Futterverwertung: 2,87, dreiphasige Fütterung, RES = Rapsextraktionsschrot, SES = Sojaextraktionsschrot).

#### Anhang 4: Kennzahlen der Wirtschaftsdüngerausbringung aktuell und im optimierten Szenario für das Jahr 2030.

	Aktuell	Ziel 2030	Differenz
Menge Wirtschaftsdünger	204.105.700	204.105.700	0
Menge (m <sup>3</sup> /ha LF)	12,4	12,4	0
N-Gehalt der Gülle Ø (kg N/m <sup>3</sup> )	3,93	3,71	-0,22
Stickstoffmenge (t N)	802.096	756.258	-45.838
Stickstoffmenge pro ha LF (kg N)	48,6	46,3	-2,4
Ammonium (t NH <sub>4</sub> )	541.608	516.169	-25.439
Emittiertes Ammoniak <sup>1</sup> (t NH <sub>3</sub> )	364.426	212.961	-151.465
Anteil an gesamt N (%)	45,4	28,2	-17,2
Emissionsfaktor	0,742	0,486	-0,256
Emissionen (kg NH <sub>3</sub> /ha LF)	22,1	13,0	-9,1
Effektive (kg N/ ha LF)	26,5	33,2	7
Einsparung Mineraldünger			109.502
Verfahrenskosten (€/ha gedüngte Fläche)	64,98	78,36ha	13,38ha
Einsparung (kg N/ha gedüngte Fläche)			12
Verfahrenskosten inkl. Einsparungen (€/ha)			1,26
Kosteneffizienz (€/kg N)			0,11
Investitionssumme brutto <sup>2</sup> (€)			438.502.239

Eigene Berechnungen auf Basis der BMEL 2016, Häußermann et al. 2019 und KTBL-Daten. <sup>1</sup>Unter Berücksichtigung der aktuell verwendeten Ausbringungstechnik (Destatis 2017), <sup>2</sup>Unter Berücksichtigung der bereits vorliegenden Ausstattung (Destatis 2017) mit den Annahmen 25% Umrüstung, 50% Neuanschaffung 25% Auslastungssteigerung). LF = Landwirtschaftliche Nutzfläche

#### Anhang 5: Effekte durch den Einsatz des MapOverlay-Verfahrens.

	Stickstoff			Fungizide		
	Düngung Aktuell (nach DüV (kg/ha))	Einsparung (kg/ha)	Einsparung (€/ha)	Aktuell (BI/ha)	Einsparung BI/ha	Einsparung (€/ha)
Winterweizen	180	16,0	16,0	2,2	0,48	19,1
Wintergerste	160	14,2	14,2	1,4	0,31	16,0
Winterroggen	130	11,6	11,6	1,6	0,36	11,6
Raps	160	14,2	14,2	1,1	-	-

Eigene Berechnung: Einsparung Stickstoff: 8,9%, Herleitung siehe Text, Fungizideinsparung: 22,7% (Dammer & Ehlert 2006); Stickstoffpreis 1 €, Fungizidkosten: LfL (2021)

#### Anhang 6: Effekte des Einsatzes von Bandspritzen.

	Herbizideinsatz (BI)	Effekt auf Herbizideinsatz (BI)	Kosteneinsparung Pflanzenschutz (€/ha)
Mais	2,0	-1,2	63,36
Zuckerrüben	3,0	-1,8	201,58
Raps	1,9	-1,1	63,23
Leguminosen	2,0	-1,2	73,83

Eigene Berechnungen auf Grundlage von Dachbroth-Saaydeh (2015), Warnecke-Busch & Mücke (2020), Riske (2018) und LfL (2021)

#### Anhang 7 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Winterweizen.

Maßnahme	Kg N/ha	BI/ha	Ertrag dt/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	182,0	5,9	73,9	0
Anpassung der Qualitätsbeurteilung <sup>2</sup>	166,0	5,9	73,9	-16,21
Verzicht auf Anbau nach Getreide <sup>3</sup>	164,0	5,8	75,5	-49,39
Precision Farming <sup>4</sup>	149,5	5,3	75,5	-45,51
Pauschale Reduktion PSM um 50% <sup>5</sup>	149,5	2,7	71,2	-44,53

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit Gabriel et al. (2015), LKNS 2019 und Füllgrabe et al. (2019), <sup>3</sup>eigene Berechnung mit BMEL 2020, Kleffmann 2012 und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018) und, <sup>4</sup>eigene Berechnung mit Lorenz & Schneider (2015), Schneider & Wagner (2008); Dammer

& Ehlert (2006) und Borchardt et al. (2017), <sup>5</sup>Saltzmann & Kehlenbeck, 2018, Annahmen: Weizenpreis: 18,41 €/dt (MW der Jahre 2016-2019, LLH 2020), Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 8 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Wintergerste.

Maßnahme	Kg N/ha	Bl/ha	Ertrag dt/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	140,0	4,3	69,2	0
Verzicht auf Anbau nach Getreide <sup>2</sup>	132,0	4,2	70,7	-35,50
Precision Farming <sup>3</sup>	120,3	3,9	70,7	-25,19
Pauschale Reduktion um 25% PSM <sup>4</sup>	120,3	2,9	69,3	-49,33

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit BMEL 2020 und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>eigene Berechnung mit Lorenz & Schneider (2015), Schneider & Wagner (2008), Dammer & Ehlert (2006) und Borchardt et al. (2017), <sup>4</sup>Busche (2008). Annahmen: Gerstenpreis: 14,89 €/dt (MW der Jahre 2016-2019, LLH 2020), Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 9 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Winterroggen.

Maßnahme	Kg N/ha	Bl/ha	Ertrag dt/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	130,0	4,1	49,2	0
Verzicht auf Anbau nach Getreide <sup>2</sup>	128,0	4,0	49,7	-17,12
Precision Farming <sup>3</sup>	118,5	3,8	49,7	-1,32
Pauschale Reduktion um 25% PSM <sup>4</sup>	118,5	2,8	49,7	-33,45

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit BMEL 2020 und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>eigene Berechnung mit Lorenz & Schneider (2015), Schneider & Wagner (2008), Dammer & Ehlert (2006) und Borchardt et al. (2017), <sup>4</sup>eigene Berechnung in Anlehnung an die Werte von Busche für Winterweizen von Busche (2008). Annahmen: Roggenpreis: 16,45 €/dt (MW der Jahre 2016-2019, LLH 2020), Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 10 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Silomais.

Maßnahme	Kg N/ha	Bl/ha	Ertrag dt/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	160,0	2,1	404,5	0
Bandspritze <sup>2</sup>	160,0	0,9	404,5	29,45
Reduktion Stickstoff um 20% <sup>3</sup>	128,0	0,9	385,7	49,99

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit Warnecke-Busch & Mücke 2020, Riske (2018) und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>VDLUFA (2018), Annahmen: Körnermaispreis: 17,18 €/dt (MW der Jahre 2016-2019, LLH 2020), Silomaispreis: 2,8 €/dt (Maispreisrechner der LKNS) Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 11 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Körnermais.

Maßnahme	Kg N/ha	Bl/ha	Ertrag dt/ha <sup>4</sup>	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	160,0	2,1	91,7	0
Bandspritze <sup>2</sup>	160,0	0,9	91,7	29,45
Reduktion Stickstoff um 20% <sup>3</sup>	128,0	0,9	86,4	41,19

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit Warnecke-Busch & Mücke 2020, Riske (2018) und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>VDLUFA (2018), Annahmen: Körnermaispreis: 17,18 €/dt (MW der Jahre 2016-2019, LLH 2020), Silomaispreis: 2,8 €/dt (Maispreisrechner der LKNS) Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021), Die Ertragseffekte werden von Silomais auf Körnermais übertragen

### Anhang 12 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Winterraps.

Maßnahme	Kg N/ha	Bl/ha	Ertrag dt/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	160	6,6	32,0	0
Verzicht auf Anbau nach Getreide <sup>2</sup>	146	6,6	32,0	4,99
Precision Farming <sup>3</sup>	116,7	6,6	29,9	46,77
Reduktion um 62% PSM <sup>4</sup> (inkl. Bandspritze)	116,7	2,5	26,2	55,18

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit BMEL 2020 und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>eigene Berechnung mit Lorenz & Schneider (2015), Schneider & Wagner (2008) und

Borchardt et al. (2017), <sup>4</sup>eigene Berechnung in Anlehnung an die Werte VDLUFA (2018); LLMV (2020). Annahmen: Rapspreis: 36,30 €/dt (MW der Jahre 2016-2019, LLH 2020), Stickstoffpreis: 1 €/kg Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 13 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Zuckerrüben.

Maßnahme	Kg N/ha	BI/ha	Ertrag GE/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	130,0	4,7	170	0
Bandspritze <sup>2</sup>	130,0	2,9	170	-17,00
Reduktion Stickstoff um 33% <sup>3</sup>	86,7	2,9	170	-60,77

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit Warnecke-Busch & Mücke (2020) und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>VDLUFA (2018), Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 14 Kumulierte Effekte agronomischer Maßnahmen bei Körnerleguminosen.

Maßnahme	BI/ha	Erbsenertrag dt/ha	Ackerbohnenenertrag dt/ha	Kosten €/ha
<b>Ausgangsniveau<sup>1</sup></b>	3	31,8	36,8	0
Bandspritze <sup>2</sup>	1,8	31,8	36,8	35,00

<sup>1</sup>Eigene Berechnungen mit BMEL (2020), Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>2</sup>eigene Berechnung mit Warnecke-Busch & Mücke (2020), Riske (2018) und Dachbrodt-Saaydeh et al. (2018), <sup>3</sup>VDLUFA (2018), Stickstoffpreis: 1 €/kg, Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021)

### Anhang 15 Agronomische Potenziale zur Einsparung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln im konventionellen Ackerbau.

	Einsparung		Ertragsänderung (GE/ha)	Differenz Kosten (€/ha)
	Stickstoff (kg/ha)	Pflanzenschutz (BI/ha)		
Winterweizen	32,6	3,2	-2,8	-44,53
Wintergerste	19,7	1,4	-0,1	-49,33
Roggen	11,5	0,3	+0,7	-33,45
Silomais	32	1,2	-5,7	49,99
Körnermais	32	1,2	-3,7	41,19
Winterraps	43,3	4,1	-7,7	55,18
Zuckerrüben	43,3	1,8	0	-60,77
Leguminosen	0	1,2	0	35,00

Quellen siehe Text.

**Anhang 16: Szenario für potenzielle Anbauumfänge, Erträge sowie Stickstoff und Pflanzenschutzmitteleinsatz bedeutender Ackerbaukulturen im Jahr 2030.**

Kultur	Wintergetreide			Mais		Winterraps	Zuckerrüben	Körner-leguminosen		Gesamt (Mio.)
	Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen	Silomais	Körnermais			Erbsen	Ackerbohnen	
Produktion										
Fläche (Mio. ha) <sup>1</sup>	2,00	0,50	0,50	2,14	0,62	1,00	0,40	0,50	0,50	8,16
BI <sup>2</sup>	2,7	2,9	2,8	0,9	0,9	2,5	2,9	1,8	1,8	16,19
N (kg/ha) <sup>3</sup>	149	120	118	128	128	117	87	0	0	922,86
Ertrag (dt/ha) <sup>1</sup>	71,2	69,3	49,2	385,7	87,41	26,2	739,1	31,8	36,8	
Effizienz										
Ertrag (GE/ha)	74,1	69,3	49,7	115,7	95,32	33,9	170	33	33,9	649,69
RP (dt/ha)	7,8	7,6	4,5	11,2	7,9	5,3	13,3	6,6	9,6	69,24
GE/BI	27,4	23,9	17,8	128,6	105,9	13,6	58,6	18,3	18,8	
GE/kg N	0,50	0,58	0,42	0,90	0,74	0,29	1,96	-	-	
RP/BI	2,90	2,62	1,61	12,40	8,79	2,13	4,59	3,67	5,33	
RP/kg N	0,052	0,063	0,038	0,087	0,062	0,046	0,153	-	-	
Ökonomik										
Preis (€/dt) <sup>4</sup>	18,4	14,9	16,5	2,8	17,2	36,3	2,9	19,5	20,4	
VK (€/ha) <sup>5</sup>	691,7	697,0	626,2	882,6	1089,7	669,7	1328,5	638,3	690,5	
DB (€/ha) <sup>5</sup>	618,4	335,6	185,7	197,4	413,8	281,3	814,9	-18,2	60,2	2.804,73
VK/GE (€/GE)	9,3	10,1	12,6	7,6	11,4	19,8	7,8	19,3	20,4	
VK/ RP (€/dt)	88,3	91,6	139,1	79,1	137,7	125,8	99,9	96,7	71,9	

<sup>1</sup>Szenario mit Überlegungung siehe Text, <sup>2</sup>Quelle = Dachbrodt-Saaydeh et al. 2018 mit begleiteten Annahmen für Leguminosen; <sup>3</sup>Stickstoffdüngung (N) nach DüV; <sup>4</sup>MW der Jahre 2016-2019 nach LLH (2020), <sup>5</sup>Berechnung mit Pflanzenschutzkosten gemäß LfL (2021) Durchschnittswerte 2017-2019; Ertrag und Stickstoffeinsatz entsprechend dieser Tabelle, Phosphor- und Kaliumdüngung nach Entzug; Schlaggröße 5 ha, mittlere Pflanzenschutzintensität; Stickstoffpreis 1 €/kg, AL = Ackerland, BI Behandlungsindex; GE = Getreideeinheiten, RP = Rohprotein, VK = Variable Kosten, DB = Deckungsbeitrag. \* Wert aus „Maispreis-Rechner“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen