



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM



ifls

Institut für Ländliche Strukturforchung
an der Goethe-Universität Frankfurt am Main



Möglichkeiten zur Verstärkung des Aspektes Klimaschutz in den landwirtschaftlichen Förder- programmen

Ad hoc-Studie im Rahmen der Bewertung des MEPL III

Elisabeth Angenendt (Universität Hohenheim), Heike Nitsch (IfLS) und Christian Sponagel (Universität Hohenheim)

Endbericht, 15.04.2021

Institut für Ländliche Strukturforschung (IfLS)
an der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Ansprechpartner: Heike Nitsch
Email: nitsch@ifls.de
Kurfürstenstraße 49
60486 Frankfurt a.M.
Tel.: 069-9726683-0
Fax: 069-9726683-22
Website: www.ifls.de



Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre
an der Universität Hohenheim

Ansprechpartner: Elisabeth Angenendt
Email: elisabeth.angenendt@uni-hohenheim.de
70593 Stuttgart
Tel.: 0711-45922569
Website:
<https://landwirtschaftliche-betriebslehre.uni-hohenheim.de>



Bildnachweis

Titelfotos: Norbert Röder, © Uschi Dreiucker/PIXELIO www.pixelio.de, Fotoarchiv der Universität Hohenheim

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Zu diesem Vorhaben	1
1.1.1	Projekthintergrund	1
1.1.2	Gliederung des Berichts	1
1.2	Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg	2
2	Grundsätzliche Erwägungen zu Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft	5
2.1	Dauerhaftigkeit der Klimawirkung	5
2.2	Emissionsverlagerung vermeiden	5
2.3	Synergien nutzen und über die Berichterstattung hinausdenken	6
2.4	Senken zusätzlich zu Emissionsminderungen schaffen	6
2.5	Einordnung der Fördermaßnahmen der 2. Säule der GAP	7
2.5.1	Ordnungsrecht	7
2.5.2	Maßnahmen der 1. Säule der GAP	8
2.5.3	Vorbereitende und flankierende Maßnahmen	8
2.5.4	Weitere Fördermaßnahmen außerhalb der GAP	9
2.5.5	Bepreisung von Treibhausgasemissionen	9
3	Charakterisierung von Maßnahmen zum Klimaschutz	11
3.1	Senkung von Stickstoffüberschüssen und Verringerung von Stickstoff- verlusten	12
3.1.1	Emissionsarme Gülleausbringung	13
3.1.2	Ansäuerung von Gülle	15
3.1.3	Anbau von Zwischenfrüchten	15
3.1.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz bei der Verwendung von Mineraldünger	17
3.2	Reduktion von Emissionen aus der Tierhaltung	19
3.2.1	Verringerung der Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung	20
3.2.2	Baulich-technische Maßnahmen im Stallbau	22
3.2.3	Stärkung von Weidehaltung und kraftfutter-reduzierter Viehwirtschaft	23
3.3	Erhalt und Aufbau organischer Substanz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen	25
3.3.1	Humuserhalt und -aufbau im Ackerland	26
3.3.2	Erhalt von Dauergrünland sowie Umwandlung von Acker in Grünland	28
3.3.3	Erhalt und Etablierung von Hecken, Feldgehölzen und Agroforstsystemen	30
3.4	Ausweitung des Leguminosenanbaus	31
3.5	Ausweitung des ökologischen Landbaus	33
3.6	Schutz und Regeneration von Mooren	36
3.7	Erneuerbare Energien und Energieeffizienz	39
3.7.1	Reduzierung des Energieverbrauchs in landwirtschaftlichen Unternehmen	40

4	Analyse und Bewertung ausgewählter THG-Minderungsmaßnahmen	43
4.1	Senkung der Stickstoffüberschüsse	43
4.1.1	Stickstoffüberschüsse in Baden-Württemberg - Beschreibung der gegenwärtigen Situation	44
4.1.2	Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen durch eine Senkung der N-Bilanzüberschüsse	45
4.1.3	Einordnung der Ergebnisse	46
4.2	Reduzierung der Tierbestände	47
4.2.1	Beitrag der Tierproduktion zu den landwirtschaftlichen Einkommen in Baden-Württemberg – Beschreibung der gegenwärtigen Situation	47
4.2.2	Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen durch eine Reduzierung der Tierbestände	48
4.2.3	Einordnung der Ergebnisse	49
4.3	Ausweitung des Anbaus von Körner- und Futterleguminosen	50
4.3.1	Anbau von Körner- und Futterleguminosen – Beschreibung der gegenwärtigen Situation	50
4.3.2	Rahmenbedingungen für eine Ausweitung des Anbaus von Leguminosen	54
4.3.3	Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen durch die Ausweitung des Anbaus von Körnerleguminosen und die damit verbundenen Vermeidungskosten	58
4.3.4	Einordnung der Ergebnisse	65
4.4	Schutz und Regeneration von landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten	65
4.4.1	Landwirtschaftlich genutzte Moore in Baden-Württemberg – Beschreibung der gegenwärtigen Situation	65
4.4.2	Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten organischen Böden in Baden-Württemberg	68
4.4.3	Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren und die damit verbundenen Vermeidungskosten	70
4.4.4	Einordnung der Ergebnisse	72
5	Zusammenfassende Darstellung	74
5.1	Ausgangslage	74
5.1.1	Treibhausgasemissionen	74
5.1.2	Grundsätzliche Ansatzpunkte für Klimaschutzmaßnahmen im Zusammenhang mit der Landwirtschaft	74
5.1.3	Instrumente für den Klimaschutz	76
5.2	Synopse – Zusammenfassende Bewertung der ausgewählten Maßnahmen	76
5.3	Empfehlungen zu klimarelevanten Fördermaßnahmen in der 2. Säule der GAP	81
5.3.1	Senkung von Stickstoffüberschüssen und Verringerung von Stickstoffverlusten	81
5.3.2	Reduktion von Emissionen aus der Tierhaltung	82
5.3.3	Erhalt und Aufbau organischer Substanz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen	83

5.3.4	Ausweitung des Leguminosenanbaus _____	85
5.3.5	Ausweitung des ökologischen Landbaus _____	86
5.3.6	Schutz landwirtschaftlich genutzter organischer Böden _____	86
5.3.7	Erneuerbare Energien und Energieeffizienz _____	87
5.3.8	Wissensvermittlung und Beratung _____	88
6	Quellenverzeichnis _____	89
	Anhang _____	98

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Landwirtschaftlich bedingte Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg.....	2
Abbildung 2:	Quellen und Mengen landwirtschaftlicher Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg (eigene Berechnungen nach Haenel et al. 2020).....	3
Abbildung 3:	Regionale N-Hoftorsalden auf Ebene der Vergleichsgebiete (Datengrundlage: Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe Ø WJ 13/14 - 17/18).....	45
Abbildung 4:	Anbaufläche von Körnerleguminosen in Baden-Württemberg (2019).....	51
Abbildung 5:	Anteil der Anbaufläche von Körnerleguminosen am Ackerland in Baden-Württemberg (2019).....	52
Abbildung 6:	Anbaufläche von Futterleguminosen in Baden-Württemberg (2019).....	53
Abbildung 7:	Anteil der Anbaufläche von Futterleguminosen am Ackerland in BW (2019).....	54
Abbildung 8:	Deckungsbeiträge von Druschfrüchten im Mittel der Jahre 2015 bis 2019 in Bayern (Quelle: Sojaförderring, 2020).....	55
Abbildung 9:	Deckungsbeitrag von ausgewählten konventionellen und ökologischen Mähdruschfrüchten im Zeitraum 2017 bis 2019 (Berechnungen von Löber 2020 auf Basis der LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten).....	56
Abbildung 10:	Anbaufläche von Körnerleguminosen in Abhängigkeit der Höhe einer potenziellen Flächenprämie.....	60
Abbildung 11:	Regionale Verteilung der Anbauteile von Körnerleguminosen bei landesweiten Anteilen von 10 % und 15 % sowie in der Status Quo Situation.....	62
Abbildung 12:	Darstellung der Vermeidungskosten in € je t Treibhausgasemissionen und die absolute Einsparung in t Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit der Anbaufläche von Körnerleguminosen.....	64
Abbildung 13:	Regionale Verteilung der Ackerflächen auf organischen Böden in Baden-Württemberg auf Landkreisebene.....	67
Abbildung 14:	Regionale Verteilung der Grünlandflächen auf organischen Böden in Baden-Württemberg auf Landkreisebene.....	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	N-Bilanzsalden und N-Bilanzkomponenten nach Vergleichsgebieten (Datengrundlage: Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe Ø WJ 13/14 - 17/18).....	44
Tabelle 2:	Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen (THGE) durch die Senkung der N-Hoftor-Salden in den Vergleichsgebieten und auf Landesebene.....	46
Tabelle 3:	Einkommensbeitrag der Tierhaltung in Baden-Württemberg, berechnet anhand der Standarddeckungsbeiträge und der Tierzahlen in 2016.....	48
Tabelle 4:	Auswirkungen einer Reduzierung der Tierbestände auf die landwirtschaftlichen Einkommen, das Minderungspotenzial für landwirtschaftliche Treibhausgasemissionen und die damit verbundenen Vermeidungskosten.....	49
Tabelle 5:	Anbau von Körnerleguminosen und Futterleguminosen in Baden-Württemberg ...	51
Tabelle 6:	Untersuchungen zum Vorfruchtwert von Leguminosen.....	57
Tabelle 7:	Empfohlene Anbauphasen für verschiedene Leguminosenarten.....	57
Tabelle 8:	Anbauflächen der wichtigsten Kulturen bei einer Ausdehnung der Körnerleguminosen auf 10 % und 15 % der Ackerfläche in Baden-Württemberg ...	60
Tabelle 9:	Minderungspotenzial an Treibhausgasemissionen durch den Anbau von Körnerleguminosen.....	63

Tabelle 10:	Minderungspotenzial an Treibhausgasemissionen durch den Anbau von Körnerleguminosen in Abhängigkeit einer potenziellen Flächenprämie und die damit verbundenen Vermeidungskosten	64
Tabelle 11:	Landwirtschaftliche Flächennutzung auf den Moorstandorten in Baden-Württemberg	66
Tabelle 12:	Treibhausgasemissionsfaktoren für verschiedenen Nutzungsarten und -intensitäten auf Moorstandorten.....	69
Tabelle 13:	Jährliche Treibhausgasemissionen durch die landwirtschaftliche Nutzung der Moorstandorte in Baden-Württemberg	69
Tabelle 14:	Deckungsbeiträge, FAKT- und LPR-Prämienzahlungen für landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten in Baden-Württemberg.....	71
Tabelle 15:	Minderungspotenzial und Vermeidungskosten von Moorschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten.....	71
Tabelle 16:	Bilanz landwirtschaftliche Treibhausgasemissionen (inkl. aller Treibhausgasemissionen aus Moorstandorten) und Minderungspotenzial der Maßnahmen zum Moorschutz	72
Tabelle 17:	Einordnung des Minderungspotenzials landwirtschaftlicher Treibhausgasemissionen von ausgewählten Maßnahmen und der damit verbundenen Vermeidungskosten	78
Tabelle 18:	Anbauflächen und Anteile von Leguminosen auf ökologisch und konventionell bewirtschafteten Ackerflächen in Baden-Württemberg	79
Tabelle 19:	Vergleich des Tierbestandes, der Milchleistung und der flächenbezogenen Deckungsbeiträge von ökologischen und konventionellen Futterbautrieben in Baden-Württemberg	80

Abkürzungsverzeichnis

AFP	Agrarinvestitionsförderungsprogramm
AF	Ackerfläche
Äq.	Äquivalent
AUKM	Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
C _{org}	Organischer Kohlenstoff
DüV	Düngeverordnung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EIP	Europäische Innovationspartnerschaft
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EU	Europäische Union
FAKT	Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl
GA	Gemeinsamer Antrag
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GJ	Gigajoule
GL	Grünland
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
GV	Großvieheinheit
IEKK	Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept
kt	Kilotonne
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LEL	Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche
LfL	Bayerisches Landesamt für Landwirtschaft
LLG	Landwirtschafts- und Landeskulturgesetz
LPR	Landschaftspflegerichtlinie
LULUCF	<i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i> (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft)
MEPL III	Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014 bis 2020
MJ	Megajoule
MLR	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
N ₂ O	Lachgas
NEC-Richtlinie	Richtlinie (EU) 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (von engl. <i>National Emission Ceilings</i>)
NEL	Netto-Energie-Laktation
NIR	Nationaler Inventarbericht (<i>National Inventory Report</i>)
NH ₃	Ammoniak

ÖVF	Ökologische Vorrangfläche
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung
SDB	Standarddeckungsbeitrag
THG	Treibhausgase
THGE	Treibhausgasemissionen
UGR	Umweltökonomischen Gesamtrechnung
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie.....

1 Einführung

1.1 Zu diesem Vorhaben

1.1.1 Projekthintergrund

Die neue Förderperiode der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) steht bevor, und damit die Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Förderprogramme auch vor dem Hintergrund des Klimaschutzes.

Der Landtag von Baden-Württemberg hat am 17. Juli 2013 das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW) beschlossen und am 15. Oktober 2020 aktualisiert¹. Demnach soll der Ausstoß des Landes von Treibhausgasen (THG) im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2020 um mindestens 25 % und bis 2030 um mindestens 42 % sinken. Bis zum Jahr 2050 soll der Ausstoß um 90 % gemindert werden. Um die Klimaschutzziele umzusetzen, wurde 2014 das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) beschlossen, das sektorbezogene Minderungsziele und -maßnahmen zu deren Zielerreichung festlegt. Das IEKK soll alle fünf Jahre auf Basis von Monitoringberichten fortgeschrieben werden. Die erste Auflage des IEKK im Jahr 2014 sah für den Sektor Landwirtschaft ein THG-Minderungsziel für das Jahr 2020 von 35 % gegenüber den Emissionen von 1990 vor. Die Aktualisierung des IEKK steht aus; eine Verschärfung der Ziele für die Landwirtschaft ist zu erwarten.

Ursprünglich war als Ausgangspunkt für dieses Vorhaben das IEKK mit seinem aktualisierten Maßnahmenset zur Landwirtschaft vorgesehen. Da sich dessen für das Jahr 2020 geplante Fortschreibung verzögert, bezieht sich die folgende Analyse nicht auf das IEKK, sondern auf Maßnahmen, die sich grundsätzlich für eine Umsetzung über die zweite Säule der GAP eignen und zum Klimaschutz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und in landwirtschaftlichen Betrieben beitragen können. Schwerpunkt sollen dabei die Agrarumweltprogramme und investiven Maßnahmen sein.

Das Vorhaben wird als separate Studie unter dem Dach der Bewertung des Maßnahmen- und Entwicklungsplans Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014 – 2020 (MEPL III) durchgeführt.

1.1.2 Gliederung des Berichts

Nach einer Einführung zu Entwicklung und Herkunft der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg in Kapitel 1.2 werden in Kapitel 2 einige grundsätzlichen Erwägungen zu Klimaschutzmaßnahmen vorangestellt.

Kapitel 3 bietet entlang verschiedener Ansatzpunkte tabellarische Übersichten zu Klimaschutzmaßnahmen im Zusammenhang mit der Landwirtschaft, die sich grundsätzlich für eine Förderung über Flächen- und investive Maßnahmen im Rahmen der 2. Säule der GAP eignen. Die Ausführungen in diesen Kapiteln basieren auf aktuellen wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Projektberichten und weiteren Recherchen zu einzelnen Instrumenten und Maßnahmen.

¹ Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW) vom 23. Juli 2013

In Kapitel 4 werden weitergehende quantitative Analysen bezüglich THG-Minderungspotenzial und den damit verbundenen Kosten für ausgewählte Maßnahmen vorgestellt.

Kapitel 5 fasst Ergebnisse und Empfehlungen zusammen.

1.2 Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg

Die Landwirtschaft verursachte im Jahr 2018 circa 6 % der THG-Emissionen in Baden-Württemberg (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, o. J. a.). Wie Abbildung 1 zeigt, haben sich die Emissionen aus der Landwirtschaft zwischen 1990 und 2010 mit einem Rückgang um rund 19 % vergleichsweise stark verringert. Seit 2010 fällt die Reduktionsminderung mit zusätzlichen 2,3 % niedrig aus, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Minderungsziel im Jahr 2020 von 35 % gegenüber den Emissionen von 1990 nicht mehr erreicht werden konnte. Ein gleiches Bild zeichnet sich auch für die Emissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland insgesamt ab (Haenel et al. 2020). Vergleicht man die Anteile der einzelnen THG an den gesamten landwirtschaftlichen THG-Emissionen, so machen die Emissionen von Methan (CH₄) je nach Betrachtungsjahr mit 58 bis 64 % den größten Anteil aus. Danach folgen die Emissionen von Lachgas (N₂O) mit ca. 35 bis 40 %.

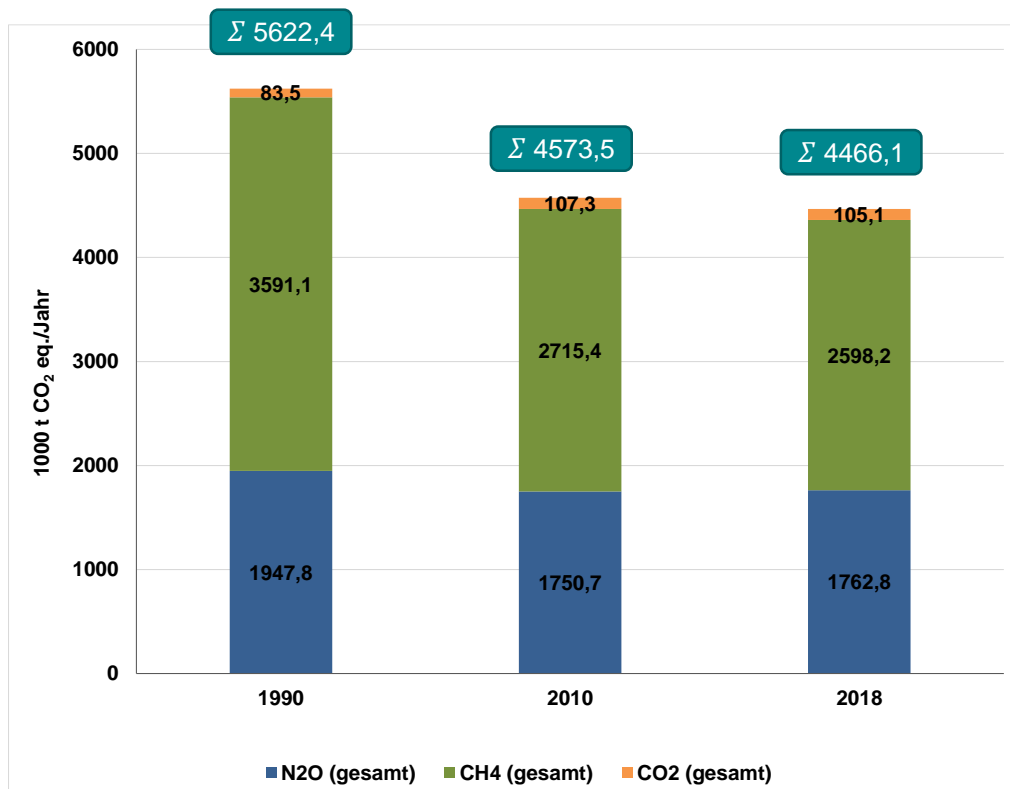


Abbildung 1: Landwirtschaftlich bedingte Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg

Quelle: (eigene Berechnungen nach Haenel et al. 2020²).

In Abbildung 2 sind die verschiedenen Quellen von THG-Emissionen dargestellt. Die größte Quellgruppe sind die verdauungsbedingten Methanemissionen. Diese Emissionen haben im Vergleich zu

² Die Emissionen der landwirtschaftlichen THG-Emissionen werden sowohl vom Statistischen Landesamt als auch vom Thünen Institut berechnet. Da das Thünen Institut im Rahmen seiner Berechnungen für gas- und partikelförmigen Emissionen aus der Landwirtschaft für die offizielle Berichterstattung im Rahmen der Klimarahmenkonventionen und EU-Verordnungen zuständig ist und seine Berechnungsmethoden stets auf dem neusten Stand sind, wird in diesem Bericht wenn möglich immer auf diese Datenquelle zurückgegriffen.

1990 am stärksten abgenommen, was durch den großen Rückgang der in Baden-Württemberg gehaltenen Rinderzahlen zu erklären ist. So weist die landwirtschaftliche Statistik für den Rinderbestand im Jahr 2016 einen Rückgang von 36 % und bei den Milchkühen einen von fast 40 % gegenüber 1990 aus (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, o. J. b). Die zweitgrößte Quelle sind die düngungsinduzierten Lachgasemissionen aus den Böden. Auch diese sind seit 1990 zurückgegangen, aber nicht im gleichen Ausmaß wie die Methanemissionen aus der Tierhaltung. Die direkt dem Sektor Landwirtschaft zugeordneten Emissionen an Kohlendioxid (CO₂) umfassen lediglich Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung und Kalkung und sind von untergeordneter Bedeutung. Die Darstellung der verschiedenen Emissionsquellen für die Jahre 2010 und 2018 zeigen noch geringfügige Mengen von Lachgas- und Methanemissionen durch die landwirtschaftliche Biogasproduktion auf, die im Jahr 1990 noch keine Bedeutung hatten.

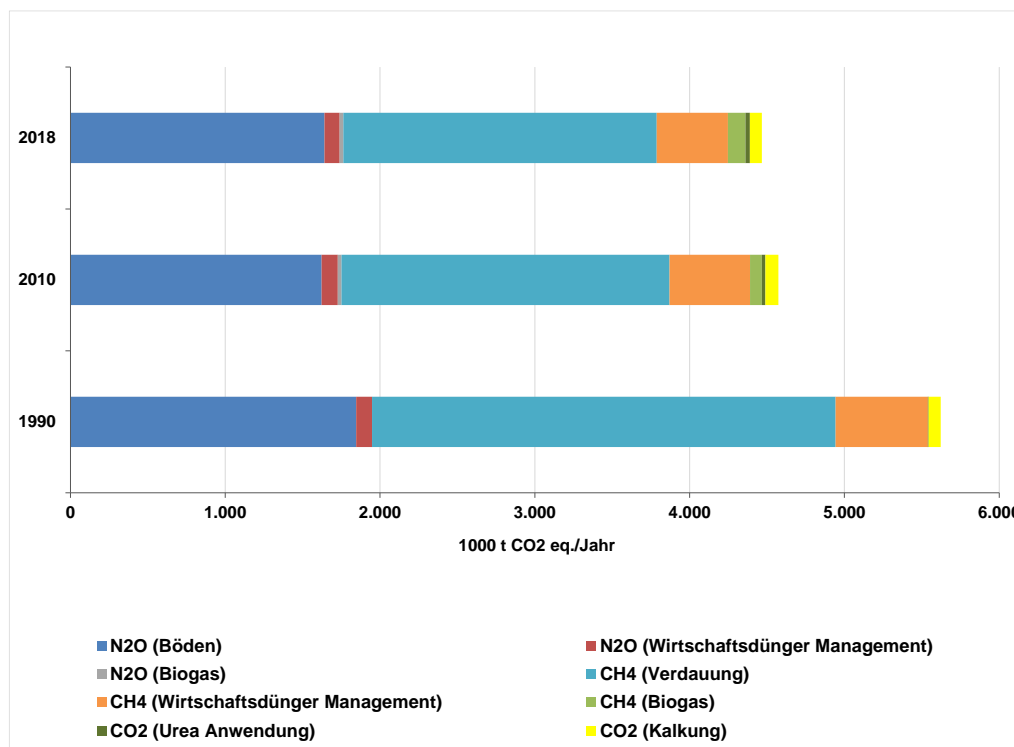


Abbildung 2: Quellen und Mengen landwirtschaftlicher Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg (eigene Berechnungen nach Haenel et al. 2020).

Quelle: (eigene Berechnungen nach Haenel et al. 2020)

Auf die landwirtschaftliche Nutzung zurückgeführt werden können außerdem Emissionen aus dem Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forst (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) (LULUCF). Diese ergeben sich vor allem aus dem Auf- und Abbau von Kohlenstoffspeichern infolge von Landnutzung. Aufgrund der Waldbewirtschaftung stellt dieser Sektor sowohl deutschlandweit (siehe UBA 2019) als auch in Baden-Württemberg³ eine THG-Senke dar. Die Bewirtschaftung von Acker und Grünland allerdings ist deutschlandweit insgesamt eine THG-Quelle. Die landwirtschaftliche Nutzung entwässerter organischer Böden fällt dabei am stärksten ins Gewicht (UBA 2019). In Baden-Württemberg wurden für das Jahr 2018 im Rahmen des LULUCF-Sektors aus der Ackernutzung Emissionen von

³ Die Daten werden auf Bundesebene veröffentlicht. Herr Andreas Gensior vom Institut für Agrarklimaschutz des TI hat uns freundlicherweise die Daten von 2018 für Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

565,2 kt CO₂-Äq berichtet. Die Grünlandnutzung war insgesamt eine Senke (-234 kt CO₂-Äq), da Umwandlungen von Acker- in Grünland die Emissionen aus der Grünlandnutzung insgesamt überkompensierten. Aus der Acker- und Grünlandnutzung organischer Böden ergaben sich Emissionen von 695 kt. Wenn man diese Emissionen der Landwirtschaft zuschlägt, erhöhen sich die Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft um 16 % auf insgesamt 5.161 kt CO₂-Äq.

Weitere THG-Emissionen resultieren aus der Nutzung fossiler Energieträger innerhalb der Landwirtschaft, der Produktion von Mineraldünger und dem Import von Futtermitteln und Emissionen, die durch den Bau bzw. die Herstellung von landwirtschaftlich genutzten Gebäuden und Maschinen entstehen (Flaig 2017). Diese Emissionen werden in anderen Sektoren berichtet bzw. fallen nicht in Deutschland an.

Der MEPL III hat bisher kaum bzw. nicht messbar zur Verringerung der THG-Emissionen und zur Speicherung von Kohlenstoff beigetragen. Zwar wurden Maßnahmen programmiert, die entsprechenden Wirkungen sind i.d.R. allerdings sehr gering (IfLS und ART 2019).

2 Grundsätzliche Erwägungen zu Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft

Der tabellarischen Zusammenstellung von Klimaschutzmaßnahmen in Kapitel 3 sollen zunächst einige grundsätzlich Erwägungen vorweggestellt werden.

2.1 Dauerhaftigkeit der Klimawirkung

Nicht erfolgte Lachgasemissionen durch erhöhte Stickstoffeffizienz sind dauerhaft vermiedene Emissionen. In Baustoffen oder in pyrolysiertes Pflanzenkohle festgelegter Kohlenstoff wird der Atmosphäre für einen langen Zeitraum entzogen. Verringerte CO₂-Emissionen aus wiedervernässten organischen Böden sind in ihrer Wirkung ebenfalls vergleichsweise verlässlich, da eine Wiedervernässung langfristig angelegt ist.

Bei Humusaufbau auf Ackerflächen ist die Dauerhaftigkeit hingegen nicht gesichert. Zwar wird verstärkt Kohlenstoff im Boden gespeichert. Dieser unterliegt aber mikrobiellen Umsätzen und ist im Fall einer wieder intensivierten Ackernutzung schnell reversibel. Diese Maßnahme ist aus Gründen der Bodenfruchtbarkeit und des Bodenschutzes mit dem Nebeneffekt Klimaschutz höchst wünschenswert, eignet sich aber weniger zur Quantifizierung und Anrechnung von Klimaschutzwirkungen.

2.2 Emissionsverlagerung vermeiden

Dem Klimaschutz ist nicht gedient, wenn an einer Stelle vermiedene THG-Emissionen stattdessen an anderer Stelle entstehen (*Leakage*). Maßnahmen, die Stickstoffverluste verringern, indem die Stickstoffeffizienz erhöht wird, führen bei gleichbleibender Erzeugungsmenge zu weniger Lachgasemissionen. Bei einer reinen Extensivierung der Flächenbewirtschaftung mit geringeren Erträgen oder weniger THG-Emissionen durch eine Abstockung von Viehbeständen kommt es hingegen nicht automatisch zu einer Netto-Reduktion von THG-Emissionen. Solange sich der Konsum nicht ändert, werden diese Agrarprodukte andernorts erzeugt und können dort zu THG-Emissionen führen (vgl. auch Isermeyer et al. 2019). Dies bedeutet nicht, dass Extensivierung und eine geringere Viehbesatzdichte nicht sinnvolle Maßnahmen sein können und Synergien mit weiteren Zielen aufweisen (z. B. Wasserschutz, Biodiversität oder Tierwohl). Eine Begrenzung oder eine bessere Verteilung der Tierhaltung trägt auch dazu bei, dass der anfallende Wirtschaftsdünger effizient genutzt werden kann, was wiederum das Risiko von Stickstoffverlusten verringert.

Dieser Zusammenhang macht deutlich, dass für den Klimaschutz Maßnahmen alleine auf Erzeugerseite nicht ausreichen, sondern der Verbrauch eine zentrale Stellschraube ist und in diesem Zusammenhang der aktuell weiterhin hohe Konsum tierischer Lebensmittel oder auch die Verwendung eigens erzeugter Energiepflanzen, über die ebenfalls Druck auf verfügbare Ackerfläche aufgebaut wird, zu hinterfragen sind. So müssen übergeordnete Fragen in Verbindung mit der Transformation des Ernährungssystems und der Verwendung von Biomasse diskutiert und gelöst werden, inklusive der Zukunft der Tierhaltung (Menge, Verteilung, Haltungssysteme).

2.3 Synergien nutzen und über die Berichterstattung hinausdenken

Das Beispiel Humusaufbau illustriert, dass viele Maßnahmen multiple Wirkungen haben. Synergien im Bereich Umwelt- und Tierschutz, Biodiversität und Klimaanpassung sowie Ernährungssicherheit sollten bewusst genutzt werden. Konkurrenzen (Klimaschutz versus Biodiversität oder Klimaschutz versus Tierwohl) sollten möglichst vermieden werden, da all diese Ziele gesellschaftlich relevant sind. In den Maßnahmenbeschreibungen in Kapitel 3 sind daher Synergien und Konflikte mit anderen Zielen als Stichworte mit genannt, und es sind auch Maßnahmen aufgenommen, bei denen Klimaschutz nicht zwingend die Hauptwirkung darstellt (Bsp. Ökolandbau, Humusaufbau im Acker, Anbau von Leguminosen).

Bei Entscheidungen zu Klimaschutzmaßnahmen sollte der Blick auch über die engen Berichts- und Anrechnungsmodalitäten und über die nationale Zuordnung von Emissionen hinausgehen, auch wenn sich die nationale Erreichung international verpflichtender Ziele darauf bezieht. So werden im Nationalen Inventarbericht zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll THG-Emissionen aus Vorleistungen für die Landwirtschaft (z. B. Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel, Energie, Bauten und Ausrüstung etc.) nicht dem Sektor Landwirtschaft zugerechnet. Futtermittelimporte fallen dem Emissionsbudget der Exportländer zur Last. Andererseits werden Emissionen aus der Agrarproduktion in Deutschland in der nationalen Berichterstattung angerechnet, auch wenn die Produkte exportiert werden. Und die Substitution fossiler Stoffe durch in der Landwirtschaft erzeugter Biomasse oder Reststoffe wird in der Berichterstattung nicht dem Sektor Landwirtschaft gutgeschrieben. Emissionen, die unter dem Sektor LULUCF angerechnet werden, können über die verschiedenen Flächennutzungen (z. B. Grünland) auf die Landwirtschaft zurückgeführt werden (siehe auch Kapitel 1.2). Unbeachtet dieser Zuordnungen sollten aus Sicht des Klimaschutzes das Gesamtsystem betrachtet werden und Maßnahmen konsequent dort ergriffen werden, wo Einflussmöglichkeiten bestehen.

2.4 Senken zusätzlich zu Emissionsminderungen schaffen

Um die Pariser Klimaschutzziele zu erreichen, muss die Minderung von THG-Emissionen im Zentrum der Bemühungen stehen. Es werden allerdings auch Maßnahmen notwendig sein, CO₂ zusätzlich aus der Atmosphäre zu entfernen. Diese sind je nach Methode, Umfang und Effektivität der Umsetzung mit erheblichen Unsicherheiten und Risiken verbunden (beispielsweise die technische Speicherung von CO₂ im Untergrund) und können potenziell den Druck auf Land erhöhen (beispielsweise durch großflächige Aufforstung). Die bereits unter Kapitel 2.1 angesprochene Dauerhaftigkeit ist bei Kohlenstoffsinken hochrelevant. Darüber hinaus ist die Konkurrenz um Biomasse zu beachten. Diese kann entweder zur Energiegewinnung verbrannt oder in eine Kohlenstoffsenke umgewandelt werden. Synergie- und Kaskadenlösungen, die mit einer stofflichen Nutzung über Jahrzehnte beginnen und mit der Schaffung einer dauerhaften Senke enden, sind daher ideal und einer direkten energetischen Nutzung vorzuziehen⁴.

Zusätzliche CO₂-Senken sind allerdings kein Ersatz für die massive Reduktion von THG-Emissionen (WBGU 2020). Ein gegeneinander Aufrechnen von Emissionen und Senken birgt die Gefahr, dass die Vermeidung von THG-Emissionen weniger ambitioniert verfolgt wird. Wenn „Netto-Emissionsziele“

⁴ EBI (2020) nennt folgende Option: „Ein Beispiel hierfür ist die Herstellung von Pflanzenkohle aus Waldrestholz, die Nutzung derselben zum Filtern von Abwasser in der Lebensmittelindustrie, wodurch sie mit Nährstoffen angereichert wird und das Wasser gereinigt wird, mit einer anschließenden Verwendung der aufgeladenen Pflanzenkohle als Düngemittel oder Düngemittel-Bestandteil, z. B. kombiniert mit Gesteinsmehlen, die ebenfalls CO₂ durch Verwitterung binden.“

proklamiert werden, sollten diese unbedingt explizite Angaben enthalten zu den jeweiligen Beiträgen von CO₂-Vermeidung durch Emissionsminderung und von CO₂-Entfernung oder -Senken formuliert werden (ebd.).

2.5 Einordnung der Fördermaßnahmen der 2. Säule der GAP

Der Fokus dieser Studie liegt auf den freiwilligen Fördermaßnahmen der 2. Säule der GAP. Diese werden i.d.R. über den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (E-LER) kofinanziert. Umgesetzt werden die Maßnahmen über Förderrichtlinien der Bundesländer. Konkrete Klimawirkungen können insbesondere über die Flächenförderung und die Förderung von Investitionen erreicht werden.

Relevante Maßnahmen der 2. Säule der GAP in Baden-Württemberg (Förderperiode 2014-2020)

Bei den zu betrachtenden Fördermaßnahmen wird von den aktuellen Maßnahmen im Rahmen des MEPL III ausgegangen. Der Fokus liegt dabei auf folgenden **landwirtschaftlichen Förderprogrammen**:

- **Investitionen in landwirtschaftliche Unternehmen**
(VwV Einzelbetriebliche Förderung - Agrarinvestitionsförderungsprogramm AFP)
- **Investitionen in der Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse**
(VwV Marktstrukturverbesserung)
- **Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)** (VwV FAKT)
- **Förderung des Ökolandbaus** (VwV FAKT)
- **Sommerweideprämie** (VwV FAKT)

Kein im engeren Sinne landwirtschaftliches Förderprogramm stellen die **Maßnahmen der Landschaftspflegerichtlinie (LPR)** dar, die primär dem Naturschutz und der Landschaftspflege dienen. Sie werden jedoch genannt, wo sie für den Klimaschutz auf landwirtschaftlichen Flächen ebenfalls relevant sein können. Dies betrifft den Vertragsnaturschutz als auch die Förderung von Investitionen.

Die **Förderung von Beratungsleistungen** und Maßnahmen der **Zusammenarbeit** (z. B. Europäische Innovationspartnerschaft - EIP) werden aufgrund ihres Maßnahmen-übergreifenden Charakters und ihrer indirekten Wirkung nur ergänzend erwähnt.

Da sich die Studie auf die Landwirtschaft konzentriert, werden Forstmaßnahmen nicht berücksichtigt.

Die aktuellen Maßnahmen können sich grundsätzlich auch in den **für die nächste GAP-Förderperiode vorgesehenen Interventionskategorien** wiederfinden. Relevant sind hier insbesondere: **Umwelt-, Klima- und andere Bewirtschaftungsverpflichtungen, Investitionen, Zusammenarbeit, Wissensaustausch und Information.**

Die Maßnahmen der 2. Säule müssen jedoch immer im Zusammenhang mit anderen möglichen Instrumenten gesehen werden. Es sind jeweils Abwägungen und politische Entscheidungen notwendig, über welche Instrumente und welche Maßnahmen klimarelevante Ansatzpunkte umgesetzt werden sollten und wie sich Instrumente und Maßnahmen am besten ergänzen können. Neben Fördermaßnahmen der 2. Säule der GAP kommen insbesondere die im Folgenden aufgeführten Instrumente infrage (für eine ausführlichere Darstellung siehe Nitsch und Schramek 2020a).

2.5.1 Ordnungsrecht

Ordnungsrechtlich verankerte Auflagen legen die Basis, oberhalb der weitere Einschränkungen oder zusätzliche Aktivitäten finanziell gefördert werden können. Sie kommen insbesondere dort zum Tragen, wo Auflagen langfristig gesichert werden (beispielsweise Verbote in definierten Schutzgebieten)

oder Mindeststandards im Sinne des „polluter-pays“-Prinzips verbindlich festgelegt werden sollen, z. B. beim Einsatz von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln. Ein wirksames Ordnungsrecht setzt voraus, dass die Auflagen entsprechend kontrolliert und bei Verstoß sanktioniert werden. Ordnungsrechtliche Vorgaben können auch als „Backstopregelungen“ (Rückfalloption) dienen und perspektivisch Verbote oder Verpflichtungen (z. B. ab einem bestimmten Jahr) festlegen. Freiwillige Fördermaßnahmen wirken ergänzend zum Ordnungsrecht, indem sie beispielsweise weitergehende Einschränkungen der Düngung honorieren oder für eine begrenzte Zeit technische Neuerungen zur emissionsarmen Ausbringung unterstützen, soweit diese (noch) nicht rechtlich verpflichtend sind.

Über die Raumordnung können ebenfalls Zielsetzung und Festlegungen mit Klimaschutzbezug getroffen werden (z. B. im Zusammenhang mit dem Moorschutz).

2.5.2 Maßnahmen der 1. Säule der GAP

Ergänzt werden die verpflichtenden Standards über förderrechtliche Auflagen im Rahmen der 1. Säule der GAP (**Regeln zur Beihilfefähigkeit, Cross compliance und Greening bzw. zukünftig „Konditionalität“**). Diese entfalten durch die Verknüpfung mit den pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (LF) gewährten Direktzahlungen ebenfalls eine breite Wirkung, da die Einhaltung für den Erhalt der Zahlungen verpflichtend ist. Ein aktuelles Beispiel ist die Einschränkungen des Grünlandumbruchs über das „Greening“. Über den „Guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand“ (GLÖZ) (bisher Teil des Greenings, zukünftig Teil der Konditionalität) sollen zukünftig – ebenfalls von Relevanz für den Klimaschutz – auch Mindeststandards zum Schutz von Feuchtgebieten und Torfflächen umgesetzt werden. An die Zahlungen der 1. Säule gebundene Regelungen sind jedoch – anders als das Ordnungsrecht – immer abhängig von der zukünftigen Entwicklung der Agrarpolitik.

Ein neues Element in der nächsten GAP-Förderperiode sind die **Öko-Regelungen**. Über ein festgelegtes Budget innerhalb der 1. Säule können "dem Klima- und Umweltschutz förderliche Landbewirtschaftungsmethoden" unterstützt werden. Die Teilnahme ist für die Betriebe freiwillig. Die Auflagen müssen auch hier über der Baseline (Fachrecht und Konditionalität) liegen. Anders als bei den AUKM und den entsprechenden Nachfolgemaßnahmen in der 2. Säule, wird die Verpflichtung jährlich erneuert. Die Öko-Regelungen können alleine stehen oder als Basis-Maßnahmen fungieren, auf die AUKM aufsetzen. Sie können direkt für klimawirksame Maßnahmen genutzt werden oder die 2. Säule entlasten, so dass dort mehr finanzielle Mittel für wirksame Klimamaßnahmen bereitstehen, indem bisher als AUKM durchgeführte Maßnahmen nun über die 1. Säule finanziert werden.

2.5.3 Vorbereitende und flankierende Maßnahmen

Vorbereitend und/oder flankierend zu Flächen- und investiven Fördermaßnahmen wirken außerdem **Forschung und Pilotprojekte, Planung und Kooperation**, und Maßnahmen, die über **Beratung und Bildung** Wissensdefizite bei verschiedenen Akteuren beheben. Teilweise werden diese Ansätze auch über die 2. Säule gefördert. Solche Maßnahmen sollten insbesondere dort Priorität haben, wo gewünschte Aktivitäten auch bei Landwirtinnen und Landwirten mit einem hohen Eigeninteresse einhergehen (sollten) (z. B. effiziente Verwendung von Düngemitteln, Humusaufbau).

- Über den MEPL III werden bereits **Beratungsleistungen** angeboten, die dem Klimaschutz zu Gute kommen können, darunter ganz gezielt der Energieeffizienz-Check und das Spezialmodul Technik. Weitere Klimaschutzbeiträge können sich auch aus einer Beratung über andere Module ergeben (z. B. zu den Themen Milchvieh, Ackerbau, Gemüsebau und Schweinehaltung) (IfLS und ART 2019).

Auf Bundesebene wird eine Beratung durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramm zur Förderung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparung in der Landwirtschaft und im Gartenbau gefördert, seit Ende 2020 auch verbunden mit der Förderung von Investitionen⁵.

- Forschung und Pilotprojekte zu Klimaschutz in und mit der Landwirtschaft werden i.d.R. außerhalb des ELER gefördert. Im Rahmen der ELER-Förderung können Projekte der **Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP)** die Entwicklung innovativer, ressourcen- und umweltschonender Produkte und Verfahrensabläufe auch im Bereich Klimaschutz voranbringen.
- **Kennzeichnungsmaßnahmen für Lebensmittel** tragen zur Information von Verbrauchern bei und könnten ausgebaut werden, um auch Klimawirkungen einzubeziehen. So schlägt der WBAE (2020) ein verpflichtendes Klimalabel für Lebensmittel vor. Der Verkauf solcher Produkte ist allerdings immer abhängig von Bewusstsein und Zahlungsbereitschaft individueller Kaufender

2.5.4 Weitere Fördermaßnahmen außerhalb der GAP

Freiwillige Fördermaßnahmen können auch außerhalb der GAP über Finanzierungsoptionen aus öffentlichen und privaten Quellen unterstützt werden. So findet beispielsweise über das **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** eine Förderung erneuerbarer Energien statt. Über den aus Bundesmitteln und Erlösen aus dem Emissionshandel gespeisten **Energie- und Klimafonds** können u.a. Maßnahmen zu Energieeffizienz aber auch Pilotprojekte zum Moorschutz gefördert werden. Auf EU-Ebene finanzieren der **Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)** oder **EU-LIFE-Projekte** ebenfalls Maßnahmen auch mit Klimaschutzwirkung. Hinzu kommen weitere Förderprogramme auf Landesebene sowie **Stiftungen, Naturschutzgroßprojekte** oder **Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen** nach Naturschutzrecht.

Eine weitere Finanzierungsquelle bietet der **freiwillige Kauf von Klimaschutzzertifikaten** oder Anteilscheinen durch Unternehmen, Kommunen oder Privatpersonen. Ein mittlerweile bekanntes Beispiel sind die MoorFutures (www.moorfutures.de), bei denen sich Kaufende durch den Erwerb von Zertifikaten an der Finanzierung eines konkreten Wiedervernässungsprojektes beteiligen. Quantifiziert werden die vermiedenen Emissionen durch die Wiedervernässung. Es gibt weitere privatwirtschaftliche Initiativen, die eine Kohlenstoffanreicherung auf vertraglich gebundenen Ackerflächen honorieren⁶.

2.5.5 Bepreisung von Treibhausgasemissionen

Zukünftig sollten im Sinne eines konsequenten und Verursacher-gerechten Ansatzes aus klimaschädlichen Aktivitäten entstehende externe Kosten eingepreist und darüber Anreize für Klimaschutzaktivitäten gesetzt werden. Dies setzt voraus, dass die THG-Emissionen und Wirkungen von Emissionsminderungsmaßnahmen verlässlich und mit vertretbarem Aufwand quantifizierbar sind. Denkbar sind z. B. eine **CO₂-Steuer oder -Abgabe** auf oder der Handel mit - begrenzt zuzuteilenden und nach und nach zu verknappenden - Emissionsrechten **für die Nutzung entwässerter Moorböden**. Betroffene könnten dann auf marktwirtschaftlicher Basis entscheiden, ob sie eine entwässerungsbasierte Landnutzung weiterführen oder die Fläche wiedervernässen und infolgedessen Zertifikate verkaufen bzw. von Ab-

⁵ https://www.ble.de/DE/Projektfoerderung/Foerderungen-Auftraege/Bundesprogramm-Energieeffizienz/bundesprogramm-energieeffizienz_node.html

⁶ Siehe z. B. <https://www.carbocert.de/>

gaben befreit werden. Eine Alternative wäre nach diesem Konzept eine „Klimaprämie“, die im Fall einer Wiedervernässung für einen bestimmten Zeitraum garantiert würde. Nach Ablauf dieser Zeit würde für CO₂-Emissionen aus Moorböden eine ansteigende CO₂-Steuer anfallen. Mit beiden Herangehensweisen würde eine frühzeitige Wiedervernässung belohnt und ein klares Signal gesetzt, dass die „trockene“ Nutzung von organischen Böden langfristig nicht mehr rentabel ist und betroffene Betriebe nach Alternativen suchen müssen (und bei der Umstellung selbstverständlich auch unterstützt werden müssen). Weitere mögliche Ansatzpunkte wären der Stickstoffüberschuss auf Betriebsebene, die **Bepreisung von in Verkehr gebrachtem N-Mineraldünger** oder eine Emissionsabgabe für Wiederkäuer; bei Letzterem würde allerdings eine Pauschalabgabe pro Tier Unterschiede in den Produktionsbedingungen kaum widerspiegeln. Für detailliertere Überlegungen zu diesen Bepreisungsansätzen siehe Isermeyer et al. (2019). Letztendlich müssen sich die externen Kosten der landwirtschaftlichen Produktion in den Verbraucherpreisen widerspiegeln, daher wäre möglichst ein Vorgehen auf EU-Ebene anzustreben und Regelungen im grenzüberschreitenden Handel anzupassen, um Importe von unter besonders klimaschädlichen Bedingungen produzierten Waren (z. B. Rindfleisch, welches in Verbindung mit Entwaldung steht) zu vermeiden (Stichworte: Grenzausgleich; Einfuhrzölle; transparente Lieferketten) (siehe auch Isermeyer et al. 2020).

Möglich sind auch **direkte Verbrauchssteuern oder Abgaben auf tierische Lebensmittel**, die dann auch importierte Produkte betreffen würden, mit dem Zweck, diese – im Vergleich zu pflanzlichen – stärker klimabelastenden Produkte zu verteuern und damit Anreize zu setzen, den Verbrauch zu verringern. Während allerdings eine Erhöhung der Mehrwertsteuer teure (und ggf. klimaschonendere Produkte) stärker treffen würde (so würde z. B. der Preisunterschied zwischen konventionell und ökologisch angebauten Produkten weiter vergrößert), wäre dies bei einer Tierwohlabgabe, die auch vom Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung empfohlen wurde⁷ („Borchert-Kommission“) und die konkret die Haltungsbedingungen für Nutztiere verbessern sollte, nicht der Fall. Für verschiedene Ansätze siehe auch die aufgrund der „Borchert-Kommission“ erstellt Machbarkeitsstudie (REDEKER/SELLNER/DAHS 2021) und Beermann et al. (2020) in einer Studie des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft. Vorschläge für eine breitere Nachhaltigkeitssteuer unterbreitet der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (WBAE 2020) beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

⁷ https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Nutztiere/200211-empfehlung-kompetenznetzwerk-nutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2

3 Charakterisierung von Maßnahmen zum Klimaschutz

Im Fokus dieses Vorhabens stehen Klimaschutzmaßnahmen, die grundsätzlich über landwirtschaftliche Förderprogramme der 2. Säule der GAP unterstützt werden können. Im Folgenden werden daher Ansatzpunkte im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Flächennutzung und in der Tierhaltung charakterisiert, die (auch) Bestandteil insbesondere von Flächenmaßnahmen, wie AUKM, sowie investiven Fördermaßnahmen sind oder zukünftig sein könnten.

Zusammengefasst werden die Maßnahmen unter folgenden Überschriften:

- **Senkung von Stickstoffüberschüssen und Verringerung von Stickstoffverlusten**
- **Reduktion von Emissionen aus der Tierhaltung**
- **Erhalt und Aufbau organischer Substanz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen**
- **Ausweitung des Leguminosenanbaus**
- **Ausweitung des ökologischen Landbaus**
- **Schutz und Regeneration von Mooren**
- **Erneuerbare Energien und Energieeffizienz**

Die Abgrenzung dieser Gruppen ist dabei nicht ganz scharf. So ist die Senkung der Stickstoffüberschüsse eine übergreifende Maßnahme, die auch mit der Reduktion von Emissionen aus der Tierhaltung zusammenhängt. Ein verstärkter Anbau mehrjähriger Leguminosen kann sowohl dem Humusaufbau als auch dem Ersatz von Mineraldünger oder von Futtermitteln aus Übersee nutzen.

„**Bioökonomie**“ ist ein eher übergreifendes Thema und wird nicht direkt durch Maßnahmen der 2. Säule beeinflusst. Nichtsdestotrotz müssen Strategien zur Bioökonomie die Auswirkungen einer erhöhten Nachfrage nach Land und Biomasse einbeziehen. Eine zusätzliche Bereitstellung von Flächen für den Anbau benötigter Biomasse müsste z. B. durch Verringerung der Tierproduktion und des damit verbundenen hohen Flächenbedarfs für Futtermittel geschehen. Das Vorgehen im Bereich Bioökonomie muss auch verzahnt werden mit Ansätzen, Biomasse aus Klimaschutzsicht möglichst effizient zu nutzen (dies bedeutet u.a. stoffliche vor energetischer Nutzung) (vgl. auch WBGU 2020). So wird bei einer Verwertung von Biomasse als Baustoff oder in anderen langlebigen Substanzen der Kohlenstoff für eine lange Zeit gespeichert, während er bei der Verbrennung als CO₂ emittiert. Eine verlässliche Speicherung, die bis zu mehreren Jahrhunderten betragen kann (z. B. Lehmann und Joseph 2015; Wang et al. 2016) ergäbe sich auch durch Pyrolyse und der Herstellung von Pflanzenkohle im Vergleich zur bloßen Kompostierung oder der Zersetzung organischer Substanz. Der jeweilige Aufwand für Transport und Verarbeitung von Biomasse sowie mögliche Kopplungsprodukte des Herstellungsprozesses sind ebenfalls mit zu betrachten. Synergien und Kaskadennutzung müssen grundsätzlich im Vordergrund stehen. Die baden-württembergische Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie (UM und MLR 2019) hebt hervor, dass Stoffströme möglichst kreislaforientiert zu organisieren und auszurichten sind und, wo immer möglich und sinnvoll, Koppel-, Kaskaden- und Kreislaufnutzungskonzepte zur Anwendung kommen sollen. Die energetische Nutzung von Biomasse soll dabei grundsätzlich erst am Ende einer möglichst mehrfachen stofflichen Nutzung stehen (ebd.).

Selbstverständlich ist auch die **Verringerung von Lebensmittelabfällen** ein Beitrag zum Klimaschutz. Ein Großteil der Lebensmittelabfälle tritt in Privathaushalten auf (Schmidt et al. 2019). Die 2. Säule der

GAP hat in diesem Bereich daher wenig Handlungsoptionen, und das Thema wird in dieser Studie nicht weiterverfolgt.

Die einzelnen Maßnahmen werden im Folgenden in Tabellenform dargestellt. Beschrieben werden jeweils die grundsätzlichen Wirkungspfade für den Klimaschutz sowie Synergien und Konflikte. Die Ausführungen beschränken sich auf Kernaussagen. Für weitere Details wird auf Literaturquellen verwiesen. Die Zusammenstellung der Maßnahmen basiert zum Teil auf einem bereits veröffentlichten Bericht, in dessen Rahmen ein Überblick von Ansätzen zum Klimaschutz bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung zusammengestellt wurde (Nitsch und Schramek 2020a), ergänzt durch weitere aktuelle Recherchen. Stichwortartig werden außerdem (potenziell) wichtige Instrumente zur Umsetzung sowie aktuelle MEPL III-Maßnahmen aufgelistet. Aufgeführt werden Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau von Fördermaßnahmen in der 2. Säule in Baden-Württemberg mit Fokus auf Klimaschutz (wobei diese mit der zukünftigen Ausgestaltung der Konditionalität und der Öko-Regelungen in der 1. Säule abgestimmt werden müssen). Die Darstellung endet für jede Maßnahme mit einer zusammenfassenden ersten Einschätzung. Quantitative Auswertungen ausgewählter Maßnahmen bezüglich Klimaschutz und Kosten vor dem baden-württembergischen Hintergrund folgen in Kapitel 4.

3.1 Senkung von Stickstoffüberschüssen und Verringerung von Stickstoffverlusten

Über eine Senkung der Stickstoffüberschüsse können Stickstoffverluste in Luft und Wasser und damit direkte und indirekte Lachgasemissionen verringert werden, die als THG wirken. Um Verlagerungseffekte zu vermeiden, sollte die Verbesserung der Stickstoffeffizienz der Düngung im Vordergrund stehen (siehe Kapitel 2.2). Dass hier in vielen Fällen noch Potenzial besteht, zeigen diverse Untersuchungen aus mehreren Bundesländern (Hinweise hierzu gibt Taube et al. 2020, S. 11). Wenn eine erhöhte Stickstoffeffizienz mit einer geringeren Ausbringungsmenge an Mineraldünger einhergeht, wirken sich vermiedene Emissionen aus dessen energieintensiven Herstellung zusätzlich positiv aus.

Laut Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Die Bundesregierung 2016) sowie zum nationalen Klimaschutzprogramm 2030 (BMU 2019a) soll der Stickstoffüberschuss bundesweit auf 70 kg N/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche im Jahresmittel 2028-2032 (Hoftorbilanz) reduziert werden. Auf Bundesebene erscheint dieses Ziel unter den gegebenen Rahmenbedingungen allerdings kaum erreichbar. Besonders in den Landkreisen mit intensiver Tierhaltung steigen Flächenbilanzüberschüsse weiterhin an (Taube et al. 2020).

Baden-Württemberg schneidet hier bereits etwas besser ab: Im Rahmen von „Hoftorbilanzen BW“ wurde als Durchschnittswert mit 84 kg N/ha LF ein deutlich geringeres Saldo berechnet (zu regionalen Unterschieden innerhalb von Baden-Württemberg siehe Kapitel 4.1.1).

Ein hoher Druck, die ganz überwiegend aus der Landwirtschaft stammenden Stickstoffverluste zu verringern, besteht auch aufgrund verpflichtender Ziele in den Bereichen NH₃-Emissionen (NEC-Richtlinie der EU) und Gewässerschutz, von deren Erreichung Deutschland aktuell weit entfernt ist. Das Nationale Luftreinhalteprogramm legt eine Minderung der NH₃-Emissionen um 29 % in 2030 gegenüber 2005 fest (BMU 2019b). Verbindliche Verpflichtungen, die Stickstoffbelastungen in Oberflächengewässern und Grundwasserkörpern zu verringern, resultieren aus der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), der EU-Nitrat-Richtlinie und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL).

In weiteren Strategien und Empfehlungen werden daher eine Senkung des Stickstoffüberschusses und die Reduktion von Stickstoffverlusten aufgegriffen:

- Die EU Kommission stellt mit der *Farm to fork* Strategie in Aussicht, bis zum Jahr 2030 Nährstoffverluste um mindestens 50 % und den Düngemittleinsatz um mindestens 20 % zu verringern.
- Eine Senkung des nationalen Zielwertes für den Stickstoffüberschuss von 70 auf maximal 50 kg N/ha LF wird vom Umweltbundesamt als eine wesentliche Komponente einer nationalen Stickstoffminderungsstrategie empfohlen (Bach et al. 2016). Diese Strategie befindet sich aktuell in Vorbereitung. Zu diesem Zielwert raten für Baden-Württemberg auch Hermann et al. (2020) in einem im Rahmen des Verbundvorhabens StickstoffBW veröffentlichten Berichts.

In den folgenden Tabellen werden die folgenden Maßnahmen vertieft, die insbesondere über die die Art der Behandlung und Ausbringung von Düngemitteln aber auch durch Nährstoffspeicherung in Zwischenfrüchten die Stickstoffeffizienz erhöhen und Stickstoffverluste verringern können:

- **Emissionsarme Gülleausbringung**
- **Ansäuerung von Gülle**
- **Anbau von Zwischenfrüchten**
- **Maßnahmen zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz bei der Verwendung von Mineraldünger**

Maßnahmen zur Stickstoffeffizienz gehen allerdings über die hier genannten Maßnahmen hinaus und umfassen weitere Maßnahmen zum Nährstoffrecycling von Stickstoff aus Wirtschaftsdünger, Ernteresten und Leguminosen. So beginnt eine THG-Minderung im Zusammenhang mit dem Güllemanagement bereits mit angepasster Fütterung und Emissionsminderung schon im Stall und der bei Lagerung (siehe auch Kapitel 3.2). Durch eine Biogasnutzung können Methanemissionen vermieden werden (ebd.). Und die Düngung muss so gestaltet werden, dass Stickstoffverluste möglichst minimiert werden. Eine gute Verteilung von Wirtschaftsdünger in und zwischen Betrieben erleichtert dies.

3.1.1 Emissionsarme Gülleausbringung

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Eine möglichst hohe Stickstoffwirkung organischer Dünger ist sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht anzustreben. Die NH₃-Verflüchtigung nach der Ausbringung ist dabei einer der bedeutendsten Verlustpfade.</p> <p>Die Aufbringung von Gülle im Injektions- oder Schlitzverfahren verringert auch auf bestellten Flächen die NH₃-Emissionen deutlich im Vergleich zur breitflächigen Ausbringung oder auch der Verwendung von Schleppschläuchen (LAZBW 2018). Ob dies in Verbindung mit Gülleverschlauchung geschieht oder per Güllefass ist für die NH₃-Emissionen weniger relevant.</p> <p>Indirekt vermindern sich dadurch die aus Stickstoffdepositionen resultierenden N₂O-Emissionen sowie Emissionen aus Produktion und Einsatz von N-Mineraldünger, wenn die erhöhte Stickstoffverfügbarkeit mit dem verlustarm ausgebrachten Wirtschaftsdünger in der Düngelplanung Berücksichtigung findet.</p> <p>Bei Injektionstechniken besteht auf schweren Böden allerdings die Gefahr erhöhter N₂O-Emissionen (Messner 2016). Diesen könnte eventuell mit Nitrifikationsinhibitoren begegnet werden. Hierzu besteht noch Untersuchungsbedarf.</p>
Synergien & Konflikte	+ Luftreinhaltung durch verringerte NH ₃ -Emissionen

	<p>+ bessere Düngewirkung der Gülle aufgrund geringerer Stickstoffverluste</p> <p>Bei Verschlauchung:</p> <p>+ Bodenschutz: verringerte Verdichtungsgefahr</p> <p>+ Hangtauglichkeit: Im steilen Gelände ist die bodennahe Gülleausbringung nur mit der Verschlauchung bodenschonend und effizient möglich; Unfallgefahren werden vermieden</p> <p>+ Ausbringung ist auch im stehenden Mais möglich.</p> <p>- Höhere Anforderungen an den Fahrer</p> <p>- Bei nicht arrondierten Flächen Zubringtechnik notwendig</p> <p>Bei zusammenhängenden, arrondierten Flächen sind durch das kontinuierliche Arbeiten hohe Flächenleistungen möglich. Für kleinere Flächen eignet sich das Verfahren weniger, da der Schlauch nach der Arbeit wieder entleert und für den Transport aufgerollt werden muss. Große Vorteile ergeben sich, wenn die Gülle direkt vom Güllekeller aus auf das benachbarte Feld gepumpt wird.</p> <p>(vgl. auch Messner 2016, LAZBW 2018)</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht: Mindeststandards für emissionsarme Ausbringung über die Düngeverordnung (DüV) (u.a. Einarbeitung org. Düngemittel innerhalb von 4 Stunden; verbindlicher Einsatz emissionsmindernder Techniken bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger mit unterschiedlichen Einführungsfristen) ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben ■ Emissionsarme Ausbringung auch über AUKM-Förderung möglich ■ Wissenstransfer
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p><u>Einzelbetriebliche Förderung (Agrarinvestitionsförderungsprogramm AFP):</u></p> <p>Inhalte (Auswahl): u.a. (begrenzt bis 31.12.2020) Kauf von Maschinen und Geräte zur Aufbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern, die zu einer deutlichen Minderung von Emissionen bei der Aufbringung von Wirtschaftsdüngern führen (Injektionsgeräte, Geräte zur Direkteinarbeitung, Schleppschuhverteiler; in Verbindung damit auch Gülleverschlauchung).</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Ca. 21 % der Förderfälle ließen sich einem mehr oder weniger starken Effekt im Bereich der „Emissionsminderung“ zuordnen (Stand 31.12.2018). Überwiegend handelte es sich hierbei um Vorhaben zur bodennahen Gülleausbringung (141 Vorhaben).</p> <p>[Seit Beginn des Jahres 2021 ist eine Förderung von Investitionen in umwelt- und ressourcenschonende Technik, darunter Maschinen und Geräte der Außenwirtschaft zur exakten Wirtschaftsdüngerausbringung (Positivliste) über die Landwirtschaftliche Rentenbank möglich. Das Bundesprogramm ist auf vier Jahre befristet. Die für das erste Halbjahr 2021 eingeplanten Haushaltsmittel für Maschinen und Geräte der Außenwirtschaft sowie für Wirtschaftsdüngerlager waren bereits im Januar ausgeschöpft.]</p>
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Ggf. auch als AUKM möglich (Beispiele für die Förderung emissionsarmer Wirtschaftsdüngerausbringung mittels Injektion oder Schleppschuh: „Emissionsarme Wirtschaftsdüngerausbringung“ in Bayern, „Emissionsarme und gewässerschonende Düngung“ in Mecklenburg-Vorpommern, „Emissionsarme Ausbringung von Gülle oder Gärresten“ in Niedersachsen)</p>
Fazit	<p>Es ergeben sich Klima- und weitere (Umwelt-)wirkungen durch verminderte NH₃-Emissionen. Gülleverschlauchung erleichtert die emissionsarme und bodenschonende Ausbringung von Gülle in topographisch schwierigen Lagen.</p> <p>Ordnungsrecht spielt eine wichtige Rolle. Darauf baut die aktuelle (ggf. zeitlich begrenzte) Förderung emissionsarmer Ausbringungstechnik, auch im Zusammenhang mit Gülleverschlauchung, auf.</p>

3.1.2 Ansäuerung von Gülle

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Ansäuerung flüssiger Wirtschaftsdünger im Stall, im Lagerbehälter oder kurz vor der Ausbringung mit Schwefelsäure führt zu einer deutlichen Verringerung von NH₃-Emissionen (siehe Kaupenjohann et al. 2019; LAZBW 2018). Indirekt vermindern sich dadurch die aus Stickstoffdepositionen resultierenden N₂O-Emissionen sowie Emissionen aus Produktion und Einsatz von N-Mineraldünger, wenn die erhöhte Stickstoff-Verfügbarkeit mit dem verlustarm ausgebrachten Wirtschaftsdünger in der Düngeplanung Berücksichtigung findet.</p> <p>Technische Verfahren sind verfügbar. Gülleansäuerung ist als "beste verfügbare Technik" zur Minderung von NH₃-Emissionen national und international anerkannt, in Deutschland jedoch noch nicht weit verbreitet (im Gegensatz z. B. zu Dänemark). Es existieren ebenfalls Versuche mit organischen Säuren und Milchsäurebakterien (vgl. z. B. https://www.lfl.bayern.de/guelle oder Elsässer et al. 2018).</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Luftreinhaltung durch verringerte NH₃-Emissionen</p> <p>+ bessere Stickstoffwirkung der Gülle</p> <p>- Zusätzliche Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen bzgl. Lagerung, Transport und Handhabung notwendig</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (Wasserrecht, Düngerecht: Anpassung notwendig); baulich-technische Vorgaben ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben ■ Wissenstransfer ■ Forschung und Innovation
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	keine
Optionen zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Wenn rechtliche Fragen und Nutzen geklärt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben (z. B. säurebeständige Lager, Leitungen und Tanks)
Fazit	<p>Maßnahme hat positive Klima-(und weitere Umwelt-)wirkungen durch verminderte NH₃-Emissionen, ist jedoch in Deutschland noch nicht etabliert, auch aufgrund unklarer Rechtslage.</p>

3.1.3 Anbau von Zwischenfrüchten

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emissionen von N₂O aus Ackerböden im Winterhalbjahr können durch Fruchtfolgegestaltung und Düngestrategien verringert werden, welche die Verfügbarkeit von Nitrat im Boden nach der Ernte der Hauptkultur und in den Wintermonaten auf einem möglichst niedrigen Niveau halten. Zwischenfrüchte vermindern Stickstoffverluste in Herbst und Winter (abhängig u.a. von Standzeit der Zwischenfrüchte). Hierdurch sinkt auch das Risiko erhöhter N₂O-Emissionen nach der Ernte der Hauptfrucht sowie die indirekten N₂O-Emissionen aus NO₃-Auswaschung (WBAE und WBW 2016). Bei Anrechnung der Düngewirkung in der Folgekultur kann energieaufwändig erzeugter Mineraldünger eingespart werden. Letzterer Effekt wird durch eine Beimischung von Leguminosen zur Zwischenfruchtmischung verstärkt. Für eine optimale Klimawirkung muss in der Folgefrucht eine Minderung der Stickstoffdüngung ohne Ertragsrückgang erreicht werden.
---	--

	<p>Beim Abfrieren oder Einarbeiten der Zwischenfrucht können allerdings erhöhte N₂O Emissionen auftreten. Es besteht noch Forschungsbedarf, wie sich die Klimaschutzleistung von Winterzwischenfrüchten in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Standort optimieren lassen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Humusaufbau: Jährlicher Anbau von Zwischenfrüchten speichert durchschnittlich 320 kg C_{org}/ha*a zusätzlich im Boden, wenn die Biomasse als Gründüngung auf der Fläche verbleibt (Poeplau und Don 2013; Wiesmeier et al. 2017).
Synergien & Konflikte	<p>Vorausgesetzt, Saatzeitpunkt, Bodenbearbeitung und verwendete Arten für die Zwischenfrucht sind auf die jeweiligen Bedingungen abgestimmt (u.a. Klima, Boden, Fruchtfolge):</p> <ul style="list-style-type: none"> + Wasserschutz durch verringerte NO₃-Auswaschung ins Grundwasser und geringere Abschwemmung in Oberflächengewässer (lange Standzeit vorteilhaft) + Boden: Erosionsschutz durch verlängerte Bodenbedeckung; Erhöhung des Humusgehalts und der biologischen Aktivität im Boden; verbesserte Bodenstruktur - v.a. durch Zwischenfruchtmischungen mit intensiver und tiefer Durchwurzelung + Hoher Vorfruchtwert + Unkraut- und Schädlingsunterdrückung möglich <p>Vorteile von Zwischenfrucht-Mischungen im Vergleich zu Reinsaaten sind u.a. höhere Biomasse und Wurzelerträge, vielschichtige Bodendurchwurzelung durch verschiedene Wurzeltypen und -tiefen, besserer Bodenaufschluss und Lockerung, mehr und vielfältigere Wurzelausscheidungen und deutlich höhere mikrobielle Aktivität.</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (z. B. Wasserrecht, siehe Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung SchALVO) ■ Maßnahmen der 1. Säule der GAP: zukünftig ggf. Öko-Regelung ■ Förderung als Flächenmaßnahme (AUKM) ■ Wissenstransfer
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p><u>Herbstbegrünung im Acker-/Gartenbau (FAKT-Maßnahme E 1.1), Begrünungsmischungen im Acker-/Gartenbau (FAKT-Maßnahme E 1.2)</u> (seit 2021 jedoch nicht mehr in „roten Gebieten“ nach § 13a DüV)</p> <p><u>Winterbegrünung (FAKT-Maßnahme F 1)</u> (seit 2020 nicht nur in Wasser- und Erosionskulisse, sondern landesweit angeboten, außer in Problem- und Sanierungsgebieten nach SchALVO, seit 2021 jedoch nicht mehr in „roten Gebieten“ nach § 13a DüV)</p> <p>Inhalte und Ausgleichszahlungen (Auswahl):</p> <ul style="list-style-type: none"> • E 1.1 (Herbstbegrünung): Aussaat als Unter- oder Blanksaaten bis Mitte September; Mulchen/Einarbeiten des Aufwuchses nicht vor Ende November (70 €/ha) • E 1.2 (Begrünungsmischungen): Aussaat vorgegebener Saatgutmischungen mit mindestens fünf Mischungskomponenten bis Ende August; Mulchen/Einarbeiten des Aufwuchses nicht vor Ende November (90 €/ha) • F 1 (Winterbegrünung): Aussaat vorgegebener Saatgutmischungen mit mindestens fünf Mischungskomponenten bis Ende August; Mulchen/Einarbeiten des Aufwuchses nicht vor dem 15. Januar (100 €/ha) <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Die drei Maßnahmen erreichten in 2018 insgesamt 9,4 % der Ackerfläche, wobei die Herbstbegrünung mehr als 80 % der Förderfläche für Zwischenfrüchte ausmachte. Diese ist im Nordwesten Baden-Württembergs am weitesten verbreitet und erreicht in einzelnen Landkreisen über 15 % der Ackerfläche. Die Winterbegrünung war aufgrund der Kulissenbindung und die verpflichtende längere Standzeit der Begrünung auf nicht einmal 800 ha begrenzt. (Unabhängig von der FAKT-Förderung kamen Zwischenfrüchte hinzu, die über das Greening angerechnet werden).</p>

Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	Fördermaßnahmen sollten insbesondere auf lange Standzeit und Zwischenfruchtmischungen fokussieren.
Fazit	<p>Maßnahme hat positive Wirkungen bezüglich Stickstoffeffizienz, Wasserschutz sowie Humusgehalt im Boden sowie Synergien mit pflanzenbaulichen Aspekten. Das Vorgehen muss zum jeweiligen Standort und zur Fruchtfolge passen. Maßnahmen der Wissensvermittlung sind daher zur Wirkungsoptimierung zentral.</p> <p>Etablierte Fördermaßnahmen sind vorhanden, wobei Zwischenfrüchte mit langer Standzeit und Mischungen aus ökologischer Sicht vorteilhaft sind, bisher aber vergleichsweise wenig angenommen werden.</p>

3.1.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz bei der Verwendung von Mineraldünger

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Erhöhte Stickstoffeffizienz bei der Verwendung von Mineraldüngern kann zu geringeren Stickstoffüberschüssen und damit verminderten N₂O-Emissionen führen.</p> <p>Precision farming ermöglicht eine zielgerichtete Bewirtschaftung von Flächen unter Berücksichtigung von Daten zu Standortbedingungen und Pflanzenbestand z. B. durch sensorgestützte Bodenbeurteilung oder gezielte Steuerung von Maschinen. Dadurch kann Düngung differenziert und kleinräumig an unterschiedliche Boden- und Standorteigenschaften angepasst, ein bestmöglich auf die Kultur abgestimmter Düngemitelesatz gewährleistet. Feldversuche geben Hinweise auf ein durchschnittliches Reduktionspotenzial von ca. 18 kg N bzw. 315 kg CO₂-Äq./ha*a (Flessa et al. 2012). Die Hersteller selber werben mit erhöhter Stickstoffeffizienz und einem jährlichen finanziellen Mehrerlös aufgrund eines höheren Ertrags und eingesparten Betriebsmitteln. Andere Versuche konnten keine geringere Düngemenge nachweisen (vgl. Hermann et al. 2020). Bisher fehlt eine wissenschaftlich breit angelegte Analyse zum tatsächlichen Einspareffekt von Betriebsmitteln (ebd.)</p> <p>Stickstoff-Depotdüngung mit Injektion ermöglicht Einsparung an Düngemitteln um etwa 20 % bei gleichbleibenden oder sogar höheren Erträgen (Maier und Müller-Sämann 2018). Ammonium- oder Harnstoff-Dünger wird dabei als Depot in biologisch weniger aktiven Bodenschichten abgelegt, die Pflanzen entwickeln ein stärkeres Wurzelwachstum und werden länger mit dem physiologisch günstigeren Ammonium ernährt, wodurch sowohl die NH₃-Emissionen als auch das Risiko für NO₃-Auswaschung verringert werden.</p> <p>Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren: Eine Zugabe von Nitrifikationsinhibitoren zu NH₃-haltigen Mineraldüngern verringert im Boden die Oxidation von Ammonium und damit auch die N₂O-Freisetzung um bis zu 40 %, es besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf zu langfristigen Effekten, zur Wirkung an verschiedenen Standorten und auch zu NH₃-Emissionen (Paustian et al. 2016; Osterburg et al. 2019) (siehe auch Klimaschutzprogramm 2030, das u.a. Forschung zu Klimawirksamkeit und anderen Umweltwirkungen beim Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren vorschlägt).</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Wasserschutz</p> <p>+ Einsparung Düngemittel</p> <p>- Investitionskosten für Technik (für landwirtschaftlichen Betrieb oder Lohnunternehmer)</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht: indirekt über mögliche Auflagen zu maximalem Stickstoffsaldo (siehe Stoffstrombilanzverordnung) ■ Förderung als Flächenmaßnahme (AUKM) ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben ■ Wissenstransfer

	<p>■ Forschung und Innovation</p>
<p>Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)</p>	<p><u>Precision Farming (als Paket) (FAKT-Maßnahme F 3)</u></p> <p>Inhalte (Auswahl) und Ausgleichszahlungen: Anwendung von Precision Farming als Paket mit den Maßnahmen 1. "Stickstoffdüngung mit N-Sensor", 2. "Phosphat-Grunddüngung, 3. "Ermittlung des Phosphat-Düngebedarfs" (80 €/ha)</p> <p>Erfahrung aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Förderfläche 2018 gut 4.400 ha. Neben der Förderung über AUKM können regionale Pilotversuche oder einzelne innovative Landwirte eine wichtige Vorbildfunktion haben, förderlich sind außerdem Informationen durch Landwirtschaftsämter und/oder Maschinenhersteller.</p> <p><u>N-Depotdüngung mit Injektion (FAKT-Maßnahme F 2)</u></p> <p>Inhalte (Auswahl) und Ausgleichszahlungen: Ausbringung der gesamten mineralischen Stickstoffdüngermenge in einer Gabe als Depotdüngung durch Injektion zur jeweils ausgewählten Kultur über Eigenmechanisierung oder Lohnunternehmen/Maschinenring/Dienstleister. (60 €/ha)</p> <p>Erfahrung aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Wichtige Rolle von Beratung und Pilotprojekten bei der Einführung innovativer Technik. Abhängig ist die Umsetzung der Maßnahmen nicht zuletzt davon, dass geeignete Geräte angeboten werden, u.a. deshalb ist die regionale Inanspruchnahme sehr unterschiedlich. Die Anwendung kann auch bereits ohne FAKT-Förderung wirtschaftlich sinnvoll sein (Maier und Müller-Sämann 2018). FAKT kann in diesem Fall vor allem dazu dienen, die Technik und deren Anwendung weiter zu verbreiten.</p> <p>Beide Maßnahmen werden seit 2020 nicht nur in der Wasser- und Erosionskulisse, sondern landesweit angeboten, außer in Problem- und Sanierungsgebieten nach SchALVO.</p> <p><u>Freiwillige Hoftorbilanz (FAKT-Maßnahme F 5) (seit 2020 nicht nur in der Wasser- und Erosionskulisse, sondern landesweit angeboten):</u></p> <p>Keine direkten Auswirkungen, kann aber das Bewusstsein schärfen und nachfolgend zu einer effizienteren Nährstoffnutzung führen. Über Hoftorbilanzen können Informationen bezüglich der Versorgungssituation eines Betriebs mit Pflanzennährstoffen verbessert werden. Dies kann dazu beitragen, Nährstoffüberschüsse oder -defizite zu identifizieren und mögliche Gegenmaßnahmen zu entwickeln.</p>
<p>Optionen für zukünftige Fördermaßnahmen</p>	<p>Aktuelle Maßnahmen nach Abwägung der Notwendigkeit zeitlich begrenzt weiterführen; freiwillige Hoftorbilanz ggf. mit engen maximalen betriebstypspezifischen Stickstoffüberschüssen und als ergebnisorientierter Ansatz</p>
<p>Fazit</p>	<p>Eine Reduzierung der N-Mineraldüngung ist aufgrund vorhandener Effizienzreserven grundsätzlich eine wichtige und kostengünstige Maßnahme bei Steigerung der Stickstoffausnutzung im deutschen Agrarsektor (Osterburg et al. 2019). Synergien ergeben sich v.a. mit dem Wasserschutz und mit Einsparung von Kosten für Düngemittel.</p> <p>Klimawirkung (und damit weitere Umweltwirkungen) ist durch Erhöhung der Stickstoffeffizienz mit Hilfe von Precision farming möglich, jedoch nicht eindeutig belegt. Investitionskosten beschränken v.a. den Einsatz in kleinen Betrieben und bei kleinen Schlaggrößen. Während Methoden des Precision farming in großräumigeren Agrarstrukturen auch ohne Förderung Anwendung finden, soll die aktuelle Förderung als AUKM in Baden-Württemberg der Einführung dort bisher nicht verbreiteter Technik dienen.</p> <p>Die Anwendung der Stickstoffdepotdüngung kann für Betriebe bereits ohne Förderung wirtschaftlich sinnvoll sein.</p> <p>Zum Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren besteht bezüglich der Klimawirkung noch Forschungsbedarf.</p>

	Um Effizienzreserven zu mobilisieren sind Maßnahmen zum Wissenstransfer wichtig, zur Einführung bisher wenig verbreiteter Technik zudem Pilotprojekte und ggf. Zugang zu Geräten (z. B. Maschinenring, Lohnunternehmen).
--	--

3.2 Reduktion von Emissionen aus der Tierhaltung

Über die bereits in Kapitel 3.1 beschriebenen Maßnahmen zur emissionsarmen Behandlung und Ausbringung von Gülle gibt es direkt im Zusammenhang mit der Tierhaltung eine Reihe an Ansatzpunkten, THG-Emissionen aus der Tierhaltung zu verringern.

An erster Stelle steht hierbei die **Reduktion der Tierzahlen**, da mit der Tierhaltung ein großer Teil der THG-Emissionen der Landwirtschaft verbunden sind (verdauungsbedingten Methanemissionen, Methan- und Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement) (siehe Kapitel 1.2). Hinzu kommt die Erzeugung von Futtermitteln Flächen (im In- und Ausland), durch deren Bewirtschaftung ebenfalls THG freigesetzt werden. Diese Flächen könnten alternativ – und effizienter – direkt für die Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmitteln genutzt werden. Dies gilt insbesondere im Fall der Erzeugung von Futtermitteln auf Ackerflächen. Bei der Nutzung von Grünland als Futter gilt dies nur bedingt. Aufgrund der im Vergleich zu Ackerfläche höheren Kohlenstoffgehalte in Boden und Wurzelmasse ist eine Umwandlung von Grünland in Ackerland zu vermeiden. Über die Grünnutzung durch Raufutterverzehrer können wertvolle tierische Nahrungsmittel produziert werden. Allerdings sollten längerfristig verstärkt auch Ansätze für eine alternative Verwendung des Aufwuchses auf Grünland in Betracht gezogen werden (z. B. stoffliche Nutzung im Rahmen der Bioökonomie). Lokal hohe Viehdichten erhöhen zudem die Gefahr, dass der anfallende Wirtschaftsdünger nicht effizient verwertet wird, ebenfalls mit resultierenden THG-Emissionen. Laut Nutztierstrategie des BMEL (BMEL 2019b) ist „eine flächengebundene Tierhaltung ... langfristig Ziel der Bundesregierung“.

Möchte man Tierzahlen wirksam verringern, ist dies eher mit ordnungsrechtlichen Maßnahmen als mit freiwilligen Fördermaßnahmen erreichbar. Wie bereits beschrieben, muss außerdem eine Verringerung der Tierzahlen mit einer Ernährungsumstellung hin zu weniger tierischen Lebensmitteln und dem Hinterfragen der exportorientierten Landwirtschaft einhergehen. Auch der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz mahnt, dass eine global verträgliche Ernährung „zwingend einen Rückgang des hohen Konsums tierischer Produkte in wohlhabenden Ländern“ erfordert (WBAE 2020). **Ansatzpunkte im Bereich Nachfrage und Ernährung sind i.d.R. aber nicht direkt Teil der Agrarförderung** und werden daher an dieser Stelle nicht weiter vertieft.

Die Zahl der Nutztiere in Baden-Württemberg nahm allerdings in den letzten Jahrzehnten ohnehin insbesondere bei Rindern und Schweinen deutlich ab, und Baden-Württemberg gehört mit durchschnittlich rund 0,7 Großvieheinheiten (GV) pro Hektar nicht zu den Bundesländern mit besonders hoher GV-Dichte. Fördermaßnahmen sollten sich trotzdem an der Perspektive orientieren, dass eine zunehmende Konzentration der Viehhaltung vermieden und in Regionen mit hoher GV-Dichte diese verringert werden muss. Über Fördermaßnahmen können Beschränkungen der GV-Dichte oder Bestandsobergrenzen festgelegt werden⁸. Tierwohlmaßnahmen honorieren veränderte Haltungsbedingungen,

⁸ Bei über das Agrarinvestitionsförderungsprogramm geförderten Investitionen in bauliche Anlagen der Tierhaltung dürfen die vorhandenen und geplanten Tierplätze bestimmte Schwellenwerte nicht überschreiten. Die Bestandsobergrenzen gelten jedoch nicht für Investitionen in Anlagen der Schweine- und Geflügelhaltung, die die Anforderungen der Premiumförderung an eine besonders tiergerechte Haltung erfüllen. Der Tierbesatz des geförderten Unternehmens darf nach Durchführung der Investition zwei GV/ha selbst bewirtschafteter LF nicht überschreiten (im Ausnahmefall ist eine höhere Viehdichte möglich, wenn Dungabnahmeverträge vorgelegt werden).

die ebenfalls mit einer geringeren Tierzahl einhergehen können. Investive Maßnahmen können einen Umbau zu tiergerechterer Haltung unterstützen.

Zur Verringerung von THG-Emissionen aus der Tierhaltung werden auch **Fütterungsmaßnahmen** diskutiert. So kann die Fütterung gezielt optimiert werden, um Stickstoffausscheidungen zu reduzieren. Eine Verminderung des Methanausstoßes bei Wiederkäuern ist durch Futterzusatzstoffe (z. B. sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe oder Zugabe von Fetten) möglich, außerdem durch stärkehaltigere Rationen (z. B. Ersatz von Gras durch Maissilage). Es gibt jedoch physiologische Grenzen und letzterer Ansatz ist auch aufgrund von Landnutzungskonflikten mit dem Nahrungsmittelanbau problematisch. WBAE und WBW (2016) halten das Potenzial zur THG-Minderung insgesamt für eher gering. Ein Fütterungsmanagement, das Futtermittel möglichst effizient verwendet, ist jedoch aus Umwelt- als auch aus finanziellen Gründen grundsätzlich wünschenswert. Für landwirtschaftliche Förderprogramme sind Fütterungsmaßnahmen aufgrund der mangelnden Kontrollierbarkeit weniger geeignet. Zu empfehlen ist eine Verstärkung der praxisnahen Forschung und der Beratung. Zudem sollten rechtliche Vorgaben zum Einsatz von Neben- oder Abfallprodukten in der Fütterung überprüft werden (ebd.) Zur **kraftfutter-reduzierten Viehwirtschaft** siehe allerdings Kapitel 3.2.3.

Konkrete Emissionsminderungsmöglichkeiten bestehen außerdem im Bereich der **Wirtschaftsdüngerlagerung und beim Stall(um-)bau**.

Die folgenden Tabellen charakterisieren daher die Maßnahmen:

- **Verringerung der Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung**
- **Baulich-technische Maßnahmen im Stallbau**
- **Stärkung von Weidehaltung und kraftfutter-reduzierter Viehwirtschaft**

Auch diese Maßnahmen sind mit bereits bestehenden Zielen und Maßnahmen aus weiteren Strategien und Programmen verbunden. Neben den bereits in der Einführung zu Kapitel 3.1 aufgeführten Zielen zur Senkung der Stickstoffüberschüsse und der Verpflichtungen zur Minderung der Ammoniakemissionen nennt das Nationale Klimaschutzprogramm 2030 (BMU 2019a) u.a. das Ziel der Verringerung der THG-Emissionen in der Tierhaltung und die Stärkung der Vergärung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und landwirtschaftlicher Reststoffe. Konkret soll der Anteil gasdicht gelagerter Gülle aus der Rinder- und Schweinehaltung auf 70 % erhöht werden. In der baden-württembergischen Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie (UM und MLR 2019) ist u.a. die Erarbeitung praxisnaher Strategien zum Erhalt und zur Steigerung der Wirtschaftsdüngervergärung erwähnt.

3.2.1 Verringerung der Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Auf Rinder- und daneben auch Schweinegülle entfällt der Großteil der CH₄-Emissionen aus der Düngelagerung in Deutschland (Osterburg et al. 2019). Eine rasche Überführung von Gülle in eine Biogasanlage mit gasdichter Lagerung der Gärreste und Minimierung von CH₄-Leckagen verringert diese Emissionen als auch Emissionen von N₂O und NH₃. Wenn eine Verwertung über Biogasanlagen nicht umsetzbar ist, kann eine gasdichte Lagerung der Wirtschaftsdünger mit Abfackelung des CH₄ eine noch weiter zu prüfende Alternative darstellen (ebd.). Stallmist und Geflügeltrockenkot emittieren deutlich weniger CH₄, daher dient deren Verwertung in Biogasanlagen in erster Linie der Erzeugung erneuerbarer Energie aus Reststoffen.</p> <p>Gärsubstratreste stellen im Vergleich zu Gülle einen potenziell umweltfreundlicheren Dünger dar (bessere Stickstoffeffizienz, wenn bodennahe Ausbringungstechniken eingesetzt werden) (WBAE und WBW 2016). Um Gärreste möglichst effizient einsetzen zu können, kann eine Schaffung von</p>
---	---

	<p>Gemeinschaftsanlagen zur Lagerung einschließlich optimierter Analytik und Ausbringungstechnik sinnvoll sein und Beiträge zur Verbesserung der Stickstoffausnutzung leisten (Osterburg et al. 2019).</p> <p>Der verstärkte Wirtschaftsdüngereinsatz in bestehenden Biogasanlagen und die Abdeckung von Gärrestlagern ist eine vergleichsweise kostengünstige Klimaschutzmaßnahme (WBAE und WBW 2016)</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Luftreinhaltung</p> <p>+ Erzeugung erneuerbarer Energien aus der Vergärung von Reststoffen; eine Erhöhung der Gülleanteile auf Kosten von Energiepflanzen setzt dabei landwirtschaftliche Flächen frei (für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln oder Biomasse zur weiteren stofflichen Nutzung, Biodiversitätsflächen etc.)</p> <p>- Starke Förderung der Wirtschaftsdüngerlagerung und Vergärung kann ggf. unerwünschte stabilisierende Wirkung auf den Umfang der Tierhaltung gerade in großen Einheiten haben</p> <p>- Hoher Investitionsbedarf</p>
Wichtige Instrumente	<p>Schaffung gasdichter Gülle- und Gärrestelager:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (v.a. Immissionsschutz, weitere Genehmigungsverfahren) ■ Förderung über EEG und Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben zur gasdichten Abdeckung inklusive Umrüstung von Bestandsanlagen (soweit nicht gesetzlich vorgeschrieben, ggf. zeitlich befristet) <p>Förderung der Wirtschaftsdüngervergärung in Biogasanlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung über EEG und KWKG ■ Wissenstransfer ■ Förderung von Forschung und Innovation
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p><u>Agrarinvestitionsförderungsprogramm:</u></p> <p>Inhalte (Auswahl): Explizit erwähnt sind u.a. die Förderung der Schaffung von ausreichenden Dunglerkapazitäten und Abdeckung von Güllegruben.</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Bis Ende 2018 wurde auf 31 Betrieben Investitionen im Zusammenhang mit Güllelagerung gefördert.</p> <p>Die Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK) verbietet eine Förderung von Anlagen und technische Einrichtungen, die durch das EEG oder das KWKG begünstigt werden können. Dadurch können klimaschutzpolitisch wünschenswerte Synergien, die Investition in Lagerraum mit einer Biogasnutzung zu verbinden, nicht genutzt werden. Ebenso ist eine agrarpolitische Finanzierung zur gasdichten Abdeckung von Gärrestlagern aktuell nicht möglich (Osterburg et al. 2019).</p> <p>[Seit Beginn des Jahres 2021 ist eine Förderung von Investitionen in umwelt- und ressourcenschonende Technik, darunter Errichtung von baulichen Anlagen zur emissionsarmen Lagerung von Wirtschaftsdüngern und Anlagen zur Gülleseparation, über die Landwirtschaftliche Rentenbank möglich. Das Bundesprogramm ist auf vier Jahre befristet. Die für das erste Halbjahr 2021 eingeplanten Haushaltsmittel für bauliche Anlagen zur emissionsarmen Lagerung von Wirtschaftsdünger waren bereits im Januar ausgeschöpft. Die Förderung von Abdeckungen oder Überdachungen alleine ist nicht möglich. Gärrestlager und Lagerstätten für separieren Gärreste sind nicht förderfähig; ebenso nicht Energiegewinnungsanlagen sowie damit zusammenhängende bauliche Anlagen und technische Einrichtungen, die durch das EEG oder das KWKG begünstigt werden können.]</p>
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Während die Erzeugung erneuerbarer Energien aus Anreizen der Energie- und Klimapolitik resultieren sollte (z. B. EEG-Förderung, CO₂-Bepreisung/Emissionshandel), müssten die Kosten für die Vermeidung von Emissionen aus der Güllelagerung über die Agrarpolitik getragen werden (Ordnungs-</p>

	recht und Förderung). So könnten z. B. Tierhaltungsbetriebe künftig zur emissionsminimierten Lagerung von Gülle verpflichtet werden, und Biogasanlagen könnten sich zu „Dienstleistern“ für die Lagerung entwickeln (Osterburg et al. 2019). Die Investitionsförderung für Stallbauten könnte dahingehend modifiziert werden, dass für größere Stallbauten die Nutzung des Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen Fördervoraussetzung wird (WBAE und WBW 2016).
Fazit	Grundsätzlich bedeutet die umfassende Umstrukturierung der Güllelagerung einen Investitionsbedarf, der je nach politischen Rahmenbedingungen über eine Förderung oder bei ordnungsrechtlichen Auflagen durch die Tierhaltungsbetriebe zu decken ist. Eine bessere Abstimmung zwischen Förderrecht im Bereich Energie und Landwirtschaft ist notwendig. Das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) erreicht nur einen geringen Teil der Anlagen. Bei der Biogaserzeugung sollte die Umrüstung bestehender Biogasanlagen im Vordergrund stehen und damit der Ersatz von Biomasse als Gärsubstrat durch Gülle.

3.2.2 Baulich-technische Maßnahmen im Stallbau

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Reduktion von NH₃-Emissionen und damit mittelbar auch N₂O-Emissionen z. B. durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Bauliche Abdeckung von Lagerräumen für Flüssigmist, ■ schnelles Abführen von Gülle aus dem Stall, und Lagerung im Außenbereich mit Abdeckung, ■ Trennung von Kot und Harn im Stall, ■ Abluftfilter in großen, zwangsbelüfteten Ställen (v. a. im Schweine- und Geflügelbereich), ■ weitere Stallbaumaßnahmen in der Schweine- und Rinderhaltung (z. B. Güllekühlung, Einbau von Gummieinsätzen in Laufflächen, Einstreuverfahren). ■ Mobile Stalleinheiten für Geflügel sind aufgrund der weniger starken Freisetzung von NH₃ aus Außenklimaställen emissionsmindernd (niedrigere Temperatur im Vergleich zu herkömmlichen Haltungen) <p>(vgl. auch Nationales Luftreinhalteprogramm (BMU 2019a) und WBAE und WBW (2016).</p> <p>Der resultierende höhere Stickstoffgehalt im Wirtschaftsdünger muss bei der Düngeplanung berücksichtigt und entsprechend die Mineraldüngergaben verringert werden.</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Luftreinhaltung</p> <p>Tierschutz: Es können sowohl Synergien (z. B. mobile Stalleinheiten für Geflügel) als auch Konflikte bestehen (Auslauf oder Außenklimastall versus Abluftfilter in geschlossenen Ställen)</p> <p>- Hohe Investitionskosten für (Um-)baumaßnahmen</p> <p>- Kostenintensive technische Maßnahmen wie Stallbauten, bergen die Gefahr, dass Pfadabhängigkeiten entstehen, die einer künftigen Reduzierung von Tierzahlen entgegenstehen.</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (v.a. Immissionsschutz, weitere Genehmigungsverfahren) ■ Planungsrecht ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben ■ Wissenstransfer ■ Forschung und Innovation
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie	<u>Agrarinvestitionsförderungsprogramm:</u>

Beratung und Zusammenarbeit)	<p>Inhalte (Auswahl): u.a. Errichtung oder Modernisierung von unbeweglichem Vermögen und Kauf von neuen Anlagen der Innenwirtschaft. Investitionen in bauliche Anlagen der Tierhaltung sind an maximale Tierzahlen, eine maximale Viehbesatzdichte von zwei GV/ha und Basisanforderungen im Bereich Tierschutz gebunden.</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung: Herausragende Investitionsrichtung ist die Milchviehhaltung mit über 381 Vorhaben (34,5 %). Werden weitere Investitionen in Jungvieh-, Rindermast- und Mutterkuhställe hinzugerechnet, entfallen fast die Hälfte (41,8 %) der Investitionsvorhaben auf die Rinderhaltung (Stand Ende 2018). Gesamt gesehen leisten AFP-geförderte Stallbaumaßnahmen vor allem bei starker Betonung von offenen Laufstall- bzw. Laufhof-Haltungssystemen im Milchviehbereich per Saldo eher keinen bzw. nur geringen Effekt für die Minderung von Emissionen. Während durch die Umstellung von Anbinde- auf Laufstallhaltung z. B. eine Erhöhung von Emissionen zu erwarten ist, kann durch die Förderung verschiedener Maßnahmen auch eine einzelbetriebliche Reduzierung des Ausstoßes von Klima- und Umweltgasen gefördert werden. Beispiele dafür wären der Einbau von Biofiltern oder Abluftwäschern, die bauliche Abdeckung von im Zusammenhang mit der geförderten Investition neu errichteten Lagerräumen für Flüssigmist oder andere baugestalterische und betriebliche Maßnahmen, die eine Reduzierung der emissionsfördernden Faktoren (Oberfläche, Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Einstreu etc.) bewirken können. Auch Außenklimaställe oder Festmistverfahren (z. B. in der Schweinehaltung) sowie mobile Freilaufhaltungen für Legehennen sind grundsätzlich dazu geeignet. Insgesamt ist die Datenlage nicht ausreichend, um Effekte des AFP zur Emissionsminderung quantifizieren zu können</p>
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	Klimaschonende Investitionen könnten bei den Auswahlkriterien stärker berücksichtigt werden.
Fazit	<p>Über bauliche und technische Maßnahmen lassen sich bereits im Stall NH₃-Emissionen und damit mittelbar auch N₂O-Emissionen deutlich verringern, vorausgesetzt, der im Wirtschaftsdünger enthaltene Stickstoff wird effizient genutzt. Mit dem Tierschutz können sich sowohl Synergien als auch Konflikte ergeben. Teilweise hohe Investitionskosten müssen berücksichtigt werden.</p> <p>Eine wichtige Rolle spielt das Ordnungsrecht (z. B. Abluftreinigung in BImSchG-genehmigungspflichtigen Ställen). Über das AFP können Um- und Neubauten gefördert werden, die emissionsmindern wirken; das Hauptziel der Maßnahme ist jedoch eher die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe durch Modernisierung und Umstrukturierung unter besonderer Berücksichtigung des Tierwohls. Die Klimawirkungen der bisher geförderten Maßnahmen ist insgesamt eher als gering anzusehen.</p>

3.2.3 Stärkung von Weidehaltung und kraftfutter-reduzierter Viehwirtschaft

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Die Klimawirkung einer kraftfutter-reduzierter Fütterung von Raufutterfressern (relevant ist hier insbesondere die Milchkuhhaltung) ist abhängig von den jeweiligen Produktionsbedingungen, dem Leistungsniveau und den betrachteten Systemgrenzen (WBAE und WBW 2016).</p> <p>Zwar werden produktbezogene THG-Emissionen durch höhere Tierleistungen reduziert, und die Milchleistung ist bei einer kraftfutter-reduzierten Fütterung i.d.R. geringer, das THG-Einsparpotenzial wird bei sehr hohen Milchleistungen jedoch immer niedriger, weil weitere Leistungssteigerungen einen höheren Kraftfuttereinsatz erfordern (mit überdurchschnittlich hohen THG-Emissionen der Futtererzeugung) und tendenziell die Nutzungsdauer der Milchkuhe zurückgeht, was einen höheren Aufwand für die Bestandsreproduktion bedeutet (Hülsbergen und Rahmann 2015). Lorenz et al (2019) zeigen in einer Meta-Analyse, dass weidebasierte Milcherzeugung im Bezug zum Milchertrag aus Sicht des Klimaschutzes Vorteile aufweist.</p> <p>Eine grundfutterbasierte Fütterung erhöht die Wertschöpfung des Grünlands (und von mehrjährigem Feldfutterbau wie Klee gras), hat Synergien bezüglich Kohlenstoffspeicherung im Boden (vgl.</p>
--	---

	<p>auch Kapitel 3.3) und reduziert den Einsatz von auf Ackerflächen energieaufwändig produziertem Kraftfutter und damit verbundene THG-Emissionen. Zudem verlängern sich i.d.R. Lebens- und Nutzungsdauer der Kühe.</p> <p>Bei Weidehaltung kann ausgeschiedener Harn schnell versickern; so werden NH₃-Emissionen im Vergleich zur Stallhaltung verringert. Hermann et al. (2020) nennen eine mögliche Minderung des NH₃-Ausstoßes von 10 % für Baden-Württemberg bei einer Weidedauer für Rinder und Kühe an 120 Tagen mehr als sechs Stunden täglich.</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Tierwohl und Tiergesundheit (durch ausgedehntere Beweidung und grundfutterbasierte Fütterung)</p> <p>+ Biodiversität je nach Intensität der Beweidung</p> <p>+ ggf. Kosteneinsparung für Kraftfutter (in der Milchkuhfütterung haben die Futterkosten den mit Abstand größten Anteil an den laufenden Ausgaben)</p> <p>- Ggf. geringerer Milchertrag</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1. Säule: ggf. Öko-Regelung zur Weidehaltung ■ Förderung über Tierwohlmaßnahme oder AUKM ■ Förderung von Investitionen ■ Wissenstransfer ■ Forschung und Pilotprojekte
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p><u>Tierwohlmaßnahme Sommerweideprämie (FAKT-Maßnahme G 1.1)</u></p> <p>Inhalte (Auswahl) und Ausgleichszahlung: Wiedereinführung und Erhaltung des Weidegangs für Milchkühe und deren weibliche Nachzucht (ab Alter 1 Jahr); Tiere müssen grundsätzlich mindestens im Zeitraum vom 1. Juni bis 30. September auf der Weide sein (Weidetagebuch), mindestens 0,15 ha Weidefläche je beantragter RGV⁹ im Weidezeitraum. 50 €/GV (40 €/GV bei Kombination mit Ökolandbau)</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): An der Maßnahme nahmen im Antragsjahr 2017 1.760 Betriebe insbesondere kleiner und mittlerer Größe teil, etwa ein Viertel davon Ökobetriebe. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Betrieb (nur) aufgrund der Prämie mit Weidehaltung beginnt, wird für gering gehalten. Sofern bereits Weidehaltung betrieben wird, leistet die Prämie einen wichtigen Beitrag zu deren Beibehaltung.</p>
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>AUKM (oder Öko-Regelung) zu Einstieg und Beibehaltung kraftfutter-reduzierter Milchviehhaltung mit 80 % der Futtertrockenmasse aus Grundfutter, davon 50 % Futterfläche aus Dauergrünland (vgl. Vorschlag von Jürgens et al. 2020; als Bsp. siehe auch Beiträge zur graslandbasierten Milch- und Fleischproduktion (GMF) in der Schweiz¹⁰).</p> <p>AUKM (oder Öko-Regelung) zur Weidehaltung (Sommerweidehaltung Milchkühe: die Einführung einer Mindestanzahl von Weidetagen anstatt starrer Termine würde die Flexibilität erhöhen; ggf. mit anspruchsvollere Variante: mehr Weidetage, Mindestfläche pro Milchkuh) und zur extensiven Grünlandbewirtschaftung</p> <p>Investive Fördermaßnahmen zur Optimierung der Grünlandbewirtschaftung (Heutrocknung, Grundfutterlager, Wasserversorgungs- und Zaunsysteme), biodiversitätsfördernde Übersaat- und Mäh-techniken sowie tiergemäße, die Grundfutteraufnahme begünstigende Stall- und Weidesysteme</p>

⁹ Raufutter verzehrende Großvieheinheit

¹⁰ <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/produktionssystembeitraege/beitrag-fuer-graslandbasierte-milch--und-fleischproduktion.html>

Im Rahmen des GMF wurden u. a. bereits zwei Projektevaluierungen durchgeführt und es wurden Software-Werkzeuge für praktikable Kontrollmechanismen erarbeitet. Außerdem gibt es Synergien zu bestehenden Vermarktungsinitiativen.

	Fütterungsberatung und Beratung im Bereich der Grundfuttergewinnung und -lagerung; Beratung für bereits bestehende Vermarktungsinitiativen, lokale Akteure und Direktvermarkter.
Fazit	<p>Dauergrünland ist bei angepasster Nutzung eine Kohlenstoffsенке. Grünlanderhalt und Weidenutzung wiederum haben außerdem zahlreiche Implikationen für den Schutz von Gewässern, Biodiversität sowie andere Umweltziele und den Tierschutz (WBAE und WBW 2016). Durch den verringerten Einsatz von auf Ackerflächen erzeugtem Kraftfutter können THG-Emissionen eingespart werden. Auf das Produkt bezogen, ist die Klimawirkung allerdings unklar.</p> <p>Ein kraftfutter-reduziertes Produktionssystem wird bisher nur von wenigen Milchviehbetrieben umgesetzt. Zentral ist entsprechende Beratung. Die mit der Umstellung verbunden betriebliche Umstrukturierungen und wirtschaftlichen Risiken könnten durch Fördermaßnahmen abgefangen werden.</p>

3.3 Erhalt und Aufbau organischer Substanz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

In diesem Maßnahmenblock geht es darum, bestehende Kohlenstoffspeicher auf landwirtschaftlichen Flächen zu erhalten und zusätzliche Senken für CO₂ zu schaffen.

Die Speicherung von Kohlenstoff im Boden ist ein wichtiges Kriterium für die nachhaltige Bodennutzung. Die mittleren landesweiten Vorräte bis 100 cm unter Flur werden in Baden-Württemberg für Acker auf 98 t/ha, für Grünland auf 115 t/ha (inklusive Moor und Anmoorstandorte auf 137 t/ha) und für Wald auf 101 t/ha geschätzt (LGRB 2014). Nach der deutschlandweiten Bodenzustandserhebung ist die Schwankungsbreite allerdings sehr hoch (Jacobs et al. 2018). Einen starken Einfluss hat das Feuchtigkeitsregime. Staunasse Böden zeigen einen besonders hohen C_{org}-Gehalt, bei mineralischen Böden spielt die Bodenart eine große Rolle (mit geringem Kohlenstoffgehalt bei Sandböden). Die Landnutzungsart wird v.a. in den obersten 10 cm eines Bodens sichtbar. So sind Böden unter Dauergrünland nur geringer Bearbeitung ausgesetzt und intensiver durchwurzelt, was in höheren Humusgehalten im Vergleich zu Oberböden unter Ackernutzung resultiert (ebd.).

Grundsätzlich weisen bisherige Monitoringdaten nicht eindeutig auf eine Abnahme des Humusgehaltes auf landwirtschaftlich genutzten Flächen hin. Die Ergebnisse des Humusmonitorings in Bayern im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung des Bayerischen Landesamtes für Landwirtschaft (LfL) deuten allerdings auf eine Abnahme der mittleren C_{org}-Gehalte um etwa 3 % in den Acker- und Grünlandböden zwischen 1986 und 2007 hin (Hauptursachen sind ein abnehmender Anteil an Getreide und Futterleguminosen, zunehmender Hackfrucht- und Maisanteil, schwindende Bedeutung des Stallmistes zugunsten der Gülle, Abfahren von Stroh und abnehmender Zwischenfruchtanbau), und Zukunftsprojektionen aus der nationalen Bodenzustandserhebung (z. B. Jacobs et al. 2018) rechnen ebenfalls eher mit einer Abnahme.

Relevant ist darüber hinaus auch die Speicherung von Kohlenstoff in der Biomasse perennierender zumeist holziger Kulturen.

Die Tabellen widmen sich daher den folgenden Maßnahmen:

- **Humuserhalt und -aufbau im Ackerland**
- **Erhalt von Dauergrünland sowie Umwandlung von Acker in Grünland**
- **Erhalt und Etablierung von Hecken, Feldgehölzen und Agroforstsystemen**

Dem **Schutz organischer Böden** ist ein separates Kapitel gewidmet (siehe 3.4).

Das Nationale Klimaschutzprogramm 2030 (BMU 2019a) nennt ebenfalls Humuserhalt und -aufbau im Ackerland (inklusive der Anlage von Hecken, Knicks und Alleen sowie Agroforstsystemen) und den Erhalt von Dauergrünland (mit Verweis auf eine zu erarbeitende Grünlandstrategie) als dauerhafte durchzuführende Maßnahmen. Im Diskussionspapier zur Ackerbaustrategie (BMEL 2019a) wird das Ziel des Humusgleichgewichts in allen Ackerböden bis zum Jahr 2030 erwähnt.

Ein Spezialfall der langfristigen Speicherung von CO₂ ist die Umwandlung von Biomasse über Pyrolyse in **"Pflanzenkohle"**. Diese kann in der Landwirtschaft direkt als Substrat verwendet werden, als Trägersubstanz für Düngemittel, bei der Silageherstellung und damit als Zusatz zu Viehfutter, zur Güllebehandlung oder zu Komposten, um u.a. der Tiergesundheit zu dienen und NH₃-Emissionen zu verringern (Kammann et al. 2017)¹¹. Als weitere Vorteile werden u.a. deutlich verbesserte Nährstoff- und Wasserhaltung und positive Auswirkungen für das Bodenleben erwartet (Lehmann und Joseph 2015). Es besteht weiterer Forschungsbedarf z. B. zur Beeinflussung von Lachgasemissionen oder dazu, wie die gezielte Einbringung im Wurzelraum den Ertrag beeinflusst und möglicherweise Stickstoffemissionen verringern kann (Kammann et al. 2017). Für eine Abwägung dieser Maßnahme ist es wichtig, Verfügbarkeit und die mögliche alternative Verwendung von Substraten zu berücksichtigen (z. B. Verbrennung zur energetischen Nutzung, stoffliche Nutzung, Kompostierung). Sollte Kohlenstofffestlegung über Pflanzenkohle zukünftig in größerem Ausmaß stattfinden, müssen hier andere Prioritäten gesetzt werden (Pyrolyse anstatt Verbrennung; wobei auch bei der Pyrolyse Energie zur Verwendung anfällt) und Biomasse zusätzlich z. B. über verstärkte Anpflanzung von Hecken gezielt erzeugt werden. Aktuell darf in Deutschland laut Düngemittelverordnung Pflanzenkohle zum Einsatz in der Landwirtschaft nur aus unbehandeltem Holz hergestellt werden und muss einen Kohlenstoffgehalt von mindestens 80 % in der Trockenmasse enthalten. Auch dies steht bisher einer Ausweitung des Pflanzenkohleeinsatzes entgegen. In der Viehhaltung (z. B. als Futterzusatz) wird Pflanzenkohle bereits ohne Förderung teilweise eingesetzt. Bei der Entwicklung von Pflanzenkohleprodukten erhalten aktuell auch weitere Einsatzfelder mit direktem Anwendungsnutzen für die landwirtschaftliche Verwendung besonderes Augenmerk. Die Klimawirkung einer Verwendung von Pflanzenkohle könnte direkt vergütet werden. Hierfür gibt es bisher nur privatwirtschaftliche Beispiele. Pflanzenkohle eignet sich auch für grundsätzlichere Zertifizierungs- und Bepreisungsansätze, die den Klimanutzen honorieren. Dies wäre einer Förderung über Flächenmaßnahmen der 2. Säule vorzuziehen. Über EIP-Projekte können allerdings Pilotstudien durchgeführt werden und Projekte mit Pflanzenkohle sind aktuell dort bereits zu finden. Das Thema Pflanzenkohle wird in dieser Studie nicht weiter vertieft.

3.3.1 Humuserhalt und -aufbau im Ackerland

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	Organische Düngung mit Wirtschaftsdüngern oder Kompost, ganzjährige Begrünung und der verstärkte Anbau von Kulturen mit intensiver Durchwurzelung (z. B. Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten und eine verstärkte Integration von mehrjährigen Leguminosen oder Ackergras in die Fruchtfolge) und die Einarbeitung von Ernteresten tragen zur Erhaltung des Kohlenstoffgehaltes im Boden bei und haben auch das Potenzial, die Vorräte der organischen Bodensubstanz auf Ackerflächen zu erhöhen (vgl. auch Don et al. 2018; Paustian et al. 2016) (siehe auch Kapitel 3.1.3 zum Zwischenfruchtanbau und Kapitel 3.4 zum Anbau von Leguminosen).
---	--

¹¹ Zu Anwendungsmöglichkeiten außerhalb der Landwirtschaft gehören z. B. eine Einbindung in Beton oder Kunststoffe und dadurch eine langfristige Festlegung von Kohlenstoff oder die Aufbereitung zu Aktivkohle

	<p>Laut Wissenschaftlichem Beirat für Düngungsfragen ist deutschlandweit ein sehr deutlicher Überschuss an organischer Biomasse vorhanden, um den Bedarf an Kohlenstoff zur Humusreproduktion auf Ackerflächen zu decken (Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015). Bei weitem die größte Menge fällt über Ernterückstände und Wirtschaftsdünger an. Unter Berücksichtigung der maximal erlaubten Ausbringungsmengen in Bezug zu Nährstofffrachten folgt die Humusreproduktionsleistung der Reihe Kompost > Stalldung > pflanzliche Biomasse aus Ernterückständen und Gründüngung > Gülle > Klärschlamm (ebd.).</p> <p>Der C_{org}-Vorrat eines Bodens und die Möglichkeit einer C_{org}-Anreicherung werden maßgeblich von den jeweiligen Standortbedingungen (z. B. Tongehalt, Grundwassereinfluss, Niederschlagshöhe) bestimmt (Poeplau et al. 2011). Der Beitrag der genannten Maßnahmen zum Klimaschutz ist daher mit großen Unsicherheiten behaftet und abhängig von Bodeneigenschaften, Bewirtschaftung und klimatischen Bedingungen. Trotzdem können auch kleine Änderung des Humusgehalts einen großen Effekt haben, so entspricht eine Erhöhung um 0,1 % einer Anreicherung von 4 t/ha C_{org} in der Ackerkrume (Drexler et al. 2020).</p> <p>Jährlicher Anbau von Zwischenfrüchten speichert durchschnittlich 320 kg C_{org}/ha zusätzlich im Boden, wenn die Biomasse als Gründüngung auf der Fläche verbleibt (Poeplau und Don 2013; Wiesmeier et al. 2017). Für eine Integration von Jahren Ackergras in fünfjähriger Rotation wurde für schwedische Ackerstandorte eine jährliche Akkumulation von 168 kg C_{org}/ha geschätzt (Tidåker et al. (2014) in Don et al. 2018).</p> <p>Die Wirksamkeit einer Humusanreicherung ist allerdings zeitlich begrenzt und die Dauerhaftigkeit nicht gesichert (siehe auch Lal 2016). Grundsätzlich gilt, dass Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung im Boden im Fall einer wieder intensivierten Ackernutzung schnell reversibel sind. Zudem wird bei einer Anreicherung nach einer bestimmten Zeit ein neues Gleichgewicht im Boden erreicht, in welchem keine weitere Zunahme des Kohlenstoffgehalts stattfindet, die Bewirtschaftungsform aber dennoch weitergeführt werden muss, um das erreichte Niveau zu halten. Klimawirksam sind daher nur Maßnahmen, die kontinuierlich angewendet und langfristig beibehalten werden.</p> <p>Eine mögliche technische Maßnahme, um Unterböden für die Speicherung von Kohlenstoff zu erschließen ist das Tiefpflügen. Dies bedeutet jedoch einen starken Eingriff es besteht noch erheblicher Forschungsbedarf zu technischen und pflanzenbaulichen Verfahren sowie zu Ertragssicherheit und des Klimaschutzes (Don et al. 2018).</p> <p>Für Hinweise auf durchschnittliche Sequestrierungsraten für ausgewählte Maßnahmen siehe u.a. Don et al. (2018) sowie Kapitel 3.1.3 zum Zwischenfruchtanbau und Kapitel 3.4 zum Anbau von Leguminosen.</p> <p>(Zum Einsatz von Pflanzenkohle siehe einführender Text zu Kapitel 3.3).</p>
Synergien & Konflikte	<ul style="list-style-type: none"> + Erhöhung von Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherheit + Verbesserung der Bodenstruktur, Erosionsschutz, erhöhtes Wasseraufnahme und -speichervermögen + Phytosanitäre Wirkungen + Biodiversität: Förderung der Bodenbiologie + je nach konkreten Maßnahme weitere Synergien (z. B. Wasserschutz, Biodiversität) - Ggf. Risiko erhöhter Stickstoffemissionen als Folge von Nährstoffüberschüssen bei sehr hoher Zufuhr von organischer Substanz - Schadstoffrisiken (v.a. Schwermetalle bei Komposten und Klärschlamm, organische Schadstoffe bei Gärresten aus Kofermentationsanlagen sowie Klärschlamm); phytohygienische Risiken v.a. bei überbetrieblicher Ausbringung und bei unbehandelten organischen Materialien - Konkurrenz um organische Substanz z. B. bzgl. energetischer oder anderweitig stofflicher Verwertung

Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maßnahmen 1. Säule: Konditionalität (Standortangepasste Bodenbearbeitung, um Erosion und Verdichtung zu vermeiden), ggf. Öko-Regelung ■ Förderung als Flächenmaßnahme (z. B. Ökolandbau, AUKM) ■ Wissensvermittlung ■ Forschung und Innovation
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p>Fruchtartendiversifizierung (mind. 5-gliedrige Fruchtfolge) (FAKT-Maßnahme A 1)</p> <p><u>Herbstbegrünung im Acker-/Gartenbau (FAKT-Maßnahme E 1.1), Begrünungsmischungen im Acker-/Gartenbau (FAKT-Maßnahme E 1.2), Winterbegrünung (FAKT-Maßnahme F 1)</u></p> <p>siehe Kapitel 3.4 (Ausweitung des Leguminosenanbaus) bzw. Kapitel 3.1.3 (Anbau von Zwischenfrüchten)</p>
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Maßnahmen bzgl. Leguminosen und Zwischenfrüchten siehe jeweils dort.</p> <p>„Beratungsbasierte“ Maßnahme zu Humuserhalt und -aufbau, evtl. mit begleitenden Messungen der C_{org}-Gehalte</p>
Fazit	<p>Großer Vorteil der erwähnten Maßnahmen sind die vielfältige Synergien mit einer Reihe an Umweltzielen, der Bodenfruchtbarkeit und der Anpassung an den Klimawandel. (2015). Im Vergleich zu anderen Maßnahmen ist der Zwischenfruchtanbau eine sehr wirksame Maßnahme, um die Bodenkohlenstoffvorräte zu erhöhen (Don et al. 2018). Die Klimawirkung ist jedoch schwer zu quantifizieren, abhängig von den Standortbedingungen und auf kontinuierliche Anwendung angewiesen.</p> <p>Die Wahl geeigneter humuserhaltender und humusaufbauender Bewirtschaftungsmaßnahmen ist abhängig vom Standort und den Betriebsstrukturen. Humusaufbau ist nur im Rahmen eines effizienten und nachhaltigen Nährstoffkonzeptes sinnvoll, das Nährstoffverluste minimiert. Mögliche Schadstoff- und phytosanitäre Risiken müssen beachtet werden.</p> <p>Bei der Aufbringung organischer Substanz zur Kohlenstoff-Speicherung sind grundsätzlich Kaskadenlösungen zu bevorzugen (z. B. Erntereste in Biogasanlage, Gärreste zurück auf Acker).</p> <p>Bildung und Beratung sollten bei der Förderung im Vordergrund stehen, da Erhaltung des Bodenhumus als wichtiger Faktor für die Bodenfruchtbarkeit auch im Eigeninteresse der Landwirte liegt¹². Praxisrelevante Maßnahmen könnten auch in Innovationsnetzwerken erprobt werden.</p> <p>Ergänzende Fördermaßnahmen v.a. über AUKM (z. B. Anbau mehrjähriger Leguminosen, Zwischenfrucht-mischungen) sind sinnvoll aufgrund vielfältiger Synergien mit anderen (Umwelt-)zielen.</p> <p>Eine Förderung der Kohlenstoffspeicherung auf Ackerböden als reine Klimaschutzmaßnahme (als – evtl. ergebnisorientierte – AUKM oder über private oder öffentliche Zertifizierungsansätze) über grundsätzlich schnell reversible Maßnahmen ist v.a. aufgrund der unsicheren Dauerhaftigkeit als auch der aufwändigen Quantifizierung problematisch. Eine potenzielle Verlagerung ansonsten andernorts aufgebracht organischer Düngemittel (wie z. B. Kompost) auf die Förderflächen würde zudem nicht zu einem positiven Netto-Effekt für den Klimaschutz führen.</p>

3.3.2 Erhalt von Dauergrünland sowie Umwandlung von Acker in Grünland

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>Böden unter Dauergrünland sind nur geringer Bearbeitung ausgesetzt und intensiv durchwurzelt, was in höheren Gehalten an Bodenkohlenstoff im Vergleich zu Oberböden unter Ackernutzung resultiert (Jacobs et al. 2018; Wiesmeier et al. 2014). So sind bei einem Wechsel von Grünland zu Acker</p>
---	---

¹² In diesem Zusammenhang ist auch ein aktuell laufendes Forschungsprojekt des Thünen-Instituts zur Entwicklung eines Software-Tools zu erwähnen, welches die Veränderung von Humus durch Bodenmanagement in landwirtschaftlich genutzten Böden vorhersagt und als Informations- oder Beratungswerkzeug verwendet werden kann (<https://www.carbocheck.de/projekt/>)

	<p>in den ersten Jahren nach der Umnutzung starke Verluste an organischem Kohlenstoff durch Humusabbau zu verzeichnen (Poeplau und Don 2013). N₂O-Emissionen kommen aufgrund dieses Abbaus hinzu. Diese THG-Emissionen können durch einen Erhalt von bestehendem Dauergrünland vermieden werden. Vordringlich ist dies auf organischen Böden, bei denen die CO₂-Emissionen im Fall eines Umbruchs besonders hoch ausfallen. Dies gilt auch für einen Umbruch zur Grünlanderneuerung.</p> <p>Die Umwandlung von Acker- in Grünland ist - sofern die neue Grünlandfläche langfristig erhalten bleibt - eine wirksame Maßnahme zur Anreicherung von organischem Kohlenstoff im Boden. Das THG-Minderungspotenzial einer Umwandlung von Acker- in Dauergrünland liegt in einer Größenordnung von 12 t CO₂-Äq pro ha und a Jahr in den ersten 20 Jahren, danach können für die folgenden 80 Jahre noch jährlich 5 t CO₂-Äq/ha angenommen werden (Poeplau et al. 2011). Berücksichtigt werden muss allerdings eine mögliche Verlagerung der Produktion, die auf der ehemaligen Ackerfläche stattfand, mit entsprechenden THG-Emissionen andernorts.</p> <p>Die Anreicherung von C_{org} im Boden im Fall einer Umnutzung von Acker zu Dauergrünland verläuft jedoch deutlich langsamer als der Verlust nach einer Umwandlung von Grün- in Ackerland (Johnston et al. 2009; Poeplau et al. 2011). Dies unterstreicht die primäre Bedeutung des Schutzes des bestehenden Dauergrünland vor einem Umbruch.</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Erosionsschutz durch dauerhafte Bodenbedeckung</p> <p>+ je nach Bewirtschaftungsintensität: Wasserschutz, Schutz der Biodiversität</p> <p>- Abnehmende Wirtschaftlichkeit der Dauergrünlandnutzung bei Abstockung von Tierbeständen (Raufutterverwerter); Konkurrenz zu Ackerkulturen</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (Naturschutzrecht, Wasserrecht, Landwirtschafts- und Landeskulturgesetz (LLG)): Regelungen zum Erhalt von Dauergrünland ■ Maßnahmen 1. Säule: zukünftig Konditionalität (Grünlanderhalt), ggf. Öko-Regelung ■ Förderung als Flächenmaßnahme (AUKM)
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p><u>Diverse AUKM auf Grünland</u> (FAKT, Landschaftspflegerichtlinie) schränken den Umbruch zu Pflegezwecken und damit einhergehende THG-Emissionen ein (z. B. FAKT B 1 Extensive Grünlandbewirtschaftung, B 3 Bewirtschaftung von artenreichem Dauergrünland)</p> <p><u>Förderung der Umwandlung von Acker in extensiv genutztes Grünland im Rahmen des Vertragsnaturschutzes</u> (Landschaftspflegerichtlinie)</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Im Jahr 2018 wurden 2.139 ha über diese Maßnahme gefördert. Die Auswahl der Flächen geschieht nach naturschutzfachlichen Gesichtspunkten und nicht in erster Linie aus Klimaschutzgründen.</p>
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Dauerhafte Umwandlung von Acker in Grünland über AUKM (siehe bestehende Beispiele in Brandenburg und Thüringen; in Schleswig-Holstein in Planung) v.a. auf organischen Böden (siehe auch Kapitel 3.6)</p>
Fazit	<p>Vordringlich ist eine Vermeidung von Grünlandumbruch. Der Umbruch von Dauergrünland zu Ackerland wird in Baden-Württemberg mittlerweile weitgehend über das Ordnungsrecht reguliert.</p> <p>Die Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland kann über Fördermaßnahme im Rahmen der 2. Säule der GAP unterstützt werden. Aktuell geschieht dies mit dem Ziel Biodiversität über den Vertragsnaturschutz. Der Humusaufbau geht allerdings langsamer vonstatten als der Humusabbau und kann nur durch einen langfristigen Erhalt des neu geschaffenen Grünlands gesichert werden.</p> <p>Als klimawirksame Maßnahme ist eine dauerhafte Umwandlung über AUKM in Betracht zu ziehen. Da die Umwandlung mit Flächenverlusten für die Produktion von Ackerkulturen einhergeht und um Synergien mit anderen Umweltzielen optimal zu nutzen, sollte diese Maßnahme gezielt auf Kulissen</p>

	<p>beschränkt sein (über Biodiversität hinaus auch Kulissen des Wasserschutzes und zur Vorbereitung oder Flankierung von Moorschutzmaßnahmen auf organische Böden).</p> <p>Abnehmende Wirtschaftlichkeit der Dauergrünlandnutzung mindert allerdings die Akzeptanz von Seiten der Landwirtschaft für die Dauergrünlandlanderhaltung und die Umwandlung von Acker- in Dauergrünland. Neben der Unterstützung traditioneller Nutzungsmöglichkeiten von Grünlandaufwuchs (Stichworte: Weidehaltung, Eiweiß aus dem Grünland) sind zukünftig auch weitere Ansätze zur Verwertung (stofflich und energetisch) zu entwickeln und auszubauen.</p>
--	--

3.3.3 Erhalt und Etablierung von Hecken, Feldgehölzen und Agroforstsystemen

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<p>In Hecken, Feldgehölzen und Agroforstsystemen (inklusive Kurzumtriebsplantagen) wird Kohlenstoff überwiegend in der holzigen Biomasse gespeichert. Der Aufwuchs bzw. Heckenschnitt kann für eine energetische Nutzung verwendet werden (wobei der festgelegte Kohlenstoff wieder frei wird) oder - für eine längerfristige Festlegung - stofflich genutzt oder in Pflanzenkohle umgewandelt werden. Im Fall eines Anbaus auf Ackerböden kann auch eine Anreicherung von Kohlenstoff im Boden angenommen werden (Don et al. 2018).</p> <p>Hecken können im Vergleich zu Acker eine zusätzliche Speicherung von 105 t C/ha (385 t CO₂/ha) erbringen (nach Drexler und Don, in Begutachtung) (dies ist auf einen Hektar bezogen deutlich mehr als über flächige Maßnahmen wie die Umwandlung von Acker- zu Grünland oder Zwischenfrüchte etc. erreicht werden kann).</p> <p>Aufforstungen¹³ von Grünland führen zu keinen signifikanten Veränderungen der Bodenkohlenstoffvorräte (Poeplau et al. 2011). Auf organischen Böden ergeben sich über diese Maßnahmen langfristig nur dann positive Klimawirkungen, wenn sie mit einer Erhöhung des Wasserstandes einhergehen (Don et al. 2018). Ansonsten kann die Wirkung durch erhöhten Wasserentzug sogar negativ ausfallen.</p>
Synergien & Konflikte	<p>+ Biodiversität (v.a. in „ausgeräumten“ Agrarlandschaften); nachteilig ist ein flächenhafter Anbau von KUP auf naturschutzfachlich wertvollen Flächen wie artenreichen Wiesen und Brachflächen oder Offenlandflächen mit Wiesenbrüter- und Rastvogelvorkommen.</p> <p>+ Erosionsschutz</p> <p>- Flächen gehen für die Nahrungsmittelerzeugung verloren (Flächenbedarf jedoch vergleichsweise gering)</p> <p>- Umstellung hin zu einer langjährigen Festlegung der Flächennutzung im Fall von Agroforst; Investition in Erntetechnik für KUP</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (Schutz naturschutzfachlich relevanter Landschaftselemente) ■ Maßnahmen 1. Säule: zukünftig Konditionalität (z. B. GLÖZ 9 Mindestanteil nicht-produktiver Flächen, Erhalt von Landschaftselementen), ggf. Öko-Regelung (Agroforst) ■ Förderung als Flächenmaßnahme (z. B. AUKM) ■ Investive Förderung (Anlage, Pflege, ggf. Geräte)
Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)	<p><u>Investive Maßnahmen zur Pflege und Anlage von Hecken und weiteren Landschaftselementen im Rahmen des Arten- und Biotopschutzes</u> (Landschaftspflegerichtlinie)</p> <p><u>Erhaltung von Streuobstbeständen</u> (FAKT-Maßnahme C 1; auch über investive Maßnahmen der Landschaftspflegerichtlinie sowie die Förderung von Verarbeitung und Vermarktung)</p>

¹³ Erstaufforstungen auf bislang nicht forstwirtschaftlich genutzten Flächen werden inzwischen außerhalb des MEPL gefördert und werden hier nicht näher betrachtet.

	Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Eine Quantifizierung der Neuanlage von Hecken oder Gehölzen war nicht möglich. Bei Maßnahmen zu Streuobst geht es in erster Linie um den Erhalt bestehender Bestände.
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Bevorzugt auf Ackerböden in Regionen mit wenigen Landschaftsstrukturelementen und auf erosionsgefährdeten Standorten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ausweiten der Förderung einer Bereitstellung von Flächen für sowie Pflege von Struktur- und Landschaftselementen (siehe auch Beispiel in Bayern: AUKM „Flächenbereitstellung zur dauerhaften Anlage von Struktur- und Landschaftselementen“¹⁴) ■ Förderung von (neuen) Agroforstsystemen (dabei Definition klären z. B. ob nur auf Ackerflächen, Positiv- oder Ausschlussliste an Baumarten, inklusive Hecken etc.): Investive Förderung zur Etablierung; Flächenförderung als AUKM (oder Öko-Regelung)
Fazit	<p>Durch Agroforstsysteme, Aufforstung und das Pflanzen von Hecken und Feldgehölzen in der Agrarlandschaft können vergleichsweise permanente Strukturen zur Speicherung von Kohlenstoff geschaffen werden. Der Klimaschutzeffekt kann aufgrund der kleinen betroffenen Fläche (Ausnahme: Aufforstung) insgesamt als vergleichsweise niedrig eingeschätzt werden. Es ergeben sich aber eine Vielzahl an Synergien mit anderen Umweltzielen. Auf Grünland kann es v.a. bei flächendeckenden Umwandlungen allerdings zu Konflikten mit dem Erhalt der Biodiversität kommen.</p> <p>Fördermaßnahmen für das Pflanzen von Hecken und Einzelbäumen sowie der Erhalt von Streuobstbeständen werden im MEPL III aktuell nach dem Schwerpunkt Biodiversität ausgerichtet. Bestimmte naturschutzfachlich relevante Landschaftselemente sind gesetzlich oder über Cross compliance/Konditionalität geschützt. Eine primär auf Klimaschutz zielende Fördermaßnahme von Hecken oder Agroforstsystemen in der Agrarlandschaft gibt es bisher nicht¹⁵.</p>

3.4 Ausweitung des Leguminosenanbaus

Aufgrund der vielfältigen möglichen Wirkungen und diverser Zusammenhänge mit weiteren Handlungsfeldern (Ersatz von N-Mineraldünger, Humusaufbau, Ersatz von tierischen Produkten in der menschlichen Ernährung und von importierten Eiweißfuttermitteln) wird der verstärkte Anbau von Leguminosen als separate Maßnahme aufgeführt.

Anbau und Nutzung von Leguminosen sind auch Inhalt der Eiweißstrategie des BMEL und der Eiweißinitiative Baden-Württemberg, die u.a. zur Intensivierung von Forschung, Demonstrationsmaßnahmen und Wissenstransfer sowie dem Aufbau von Wertschöpfungsketten beitragen sollen.

Eine ausführliche aktuelle Darstellung zum Stand des Wissens bezüglich zu Pflanzenbau, Umweltwirkungen und Wirtschaftlichkeit des Leguminosenanbaus findet sich bei Böhm et al. (2020).

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durch die symbiotische Stickstofffixierung können Leguminosen aus Luftstickstoff je nach Art zwischen 20 und 170 kg N/ha binden, Futterleguminosen sogar bis zu 300 kg N/ha (Böhm et al. 2020). Die Nachlieferung von pflanzenverfügbarem Stickstoff für die nachfolgende Kultur beträgt zwischen 10 und 70 kg N/ha (ebd.). Wenn diese Düngewirkung berücksichtigt wird, können sich (trotz N₂O-Emissionen der Erntereste) Klimawirkungen ergeben durch verringerte N-
---	---

¹⁴ Gefördert wird die Bereitstellung von LF für neuangelegte Struktur- und Landschaftselemente, die dem Cross Compliance-Beseitigungsverbot unterliegen; das angelegte Struktur- oder Landschaftselement ist zu digitalisieren und ab dann im Flächennutzungsplan entsprechend anzugeben (Förderhöhe: 2 €/ar bereitgestellter Fläche)

¹⁵ anders als z. B. im Vereinigten Königreich; dort werden Agroforstsysteme im Zusammenhang mit Beweidung unterstützt, in Schottland auch bei Kombination mit Ackernutzung

	<p>Düngung und damit verbundener N₂O-Emissionen sowie durch die Substitution von energieaufwändig hergestelltem N-Mineraldünger.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Leguminosen zählen zu den humusmehrenden Kulturen. Körnerleguminosen führen zu einer geringeren Kohlenstoffzufuhr in den Boden als Getreide (Böhm et al. 2020). Insbesondere mehrjährige Leguminosen (z. B. Weiß- und Rotklee, Luzerne) haben aufgrund intensiver Durchwurzelung ein hohes Potenzial für eine Humusreproduktion (Böhm et al. 2020; Don et al. 2018; WBAE und WBW 2016). ■ Ein zusätzlicher Klimaschutzeffekt ist möglich durch den Ersatz von importierten Eiweißfuttermitteln wie Soja, deren Aubau teilweise mit Entwaldung und damit erheblichen negativen THG-Emissionen verbunden ist (Böhm et al. 2020). <p>Es muss berücksichtigt werden, welche Kulturen eventuell verdrängt werden (<i>Leakage</i>) und welche Optionen für eine Verwendung des Aufwuchses zur Verfügung stehen und in der jeweiligen Situation sinnvoll sind (z. B. Verwendung als Tierfutter oder Nahrungsmittel, Gründüngung, Vergärung und energetische Nutzung).</p> <p>Insgesamt besteht aus Klimaschutzsicht noch erheblicher Forschungsbedarf zur gesamten THG-Bilanz der Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge und zur Optimierung der Düngeplanung unter Beachtung von Vorfruchtwert und Fruchtfolgeeffekten (Böhm et al. 2020).</p>
<p>Synergien & Konflikte</p>	<ul style="list-style-type: none"> + insbesondere mehrjährige Leguminosen: Erhöhung des Humusgehalts und Verbesserung der Bodenstruktur fördern u.a. Bodenfruchtbarkeit und die Wasserhaltung im Boden + hoher Vorfruchtwert + Bereitstellung heimischer Futtermittel + Biodiversität durch Ausweitung der Fruchtfolge und Blühangebot durch Leguminosen + ggf. phytosanitäre Wirkungen durch erweiterte Fruchtfolge (auf ausreichende Anbaupausen zwischen Leguminosen muss geachtet werden) + Klimaanpassung durch Aufweitung der Fruchtfolge (Streuung von Ertragsausfällen), Humusreproduktion und teilweise trockenheitsverträgliche Kulturen (z. B. Luzerne) <p>Wasserschutz: Positive Wirkungen mehrjähriger Leguminosen durch lange Bodenbedeckung; nach Körnerleguminosen Risiko einer erhöhten Nitratauswaschung, falls nicht nachfolgend eine nährstoffzehrende Kultur oder eine Zwischenfrucht angebaut wird.</p> <ul style="list-style-type: none"> - ggf. fehlende Absatz- und Vermarktungsmöglichkeiten für Leguminosen - ggf. Investitionen für Aussaat- und Erntetechnik
<p>Wichtige Instrumente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maßnahmen in der 1. Säule der GAP: ggf. Öko-Regelung ■ Förderung über Flächenmaßnahmen der 2. Säule (AUKM) ■ Förderung von Maßnahmen in der Wertschöpfungskette (Verarbeitung, Vermarktung) ■ Wissenstransfer ■ Forschung und Innovation
<p>Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)</p>	<p><u>Fruchtartendiversifizierung (mind. 5-gliedrige Fruchtfolge) (FAKT-Maßnahme A 2)</u></p> <p>Inhalte (Auswahl) und Ausgleichszahlung: Mind. 10 % Leguminosen oder Leguminosen enthaltende Gemenge. 75 €/ha (50 €/ha in Verbindung mit Ökolandbau oder Fördermaßnahme FAKT D.1 zum Verzicht auf chem.-synth. Produktionsmittel)</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Die Maßnahme wird landesweit überwiegend sehr gut angenommen (2018 auf 11,8 % der Ackerfläche), im Oberrheingraben aufgrund der dort dominierenden Anbaustrukturen (hohe Bedeutung von Maisanbau und Sonderkulturen) jedoch nur geringe Akzeptanz. Im Gegensatz dazu werden im Bauland, Kraichgau und der Hohenloher Ebene</p>

	trotz intensiver landwirtschaftlicher Ackernutzung teilweise über 20 % der Flächen erreicht. Ähnlich hohe, teils sogar höhere, flächenmäßige Bedeutung hat die Fruchtartendiversifizierung zudem in den Landkreisen der Westalb und dem Schwarzwald-Baar-Kreis.
Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	Zukünftige eventuelle Fördermaßnahmen (abhängig von Konditionalität und eventueller Öko-Regelung): <ul style="list-style-type: none"> ■ Aktuelle Maßnahme weiterführen und ggf. mit zusätzlicher Fördervariante mit höherer Prämie, wenn Leguminosenanteil ausschließlich durch großkörnige Leguminosen erfüllt wird (siehe Bsp. in BY, HE und weiteren Bundesländern). ■ Weitere von Fruchtfolge oder Fruchtartendiversifizierung unabhängige direkte Förderung des Leguminosenanbaus (siehe z. B. AUKM in Sachsen „Umweltschonende Produktionsverfahren des Ackerfutter- und Leguminosenanbaus“ auf mindestens 10 % der Ackerfläche eines Betriebs) ■ Gezielte Unterstützung von Verarbeitung und Vermarktung von Leguminosen
Fazit	<p>Ein verstärkter Anbau von Leguminosen hat potenziell positive Klimawirkungen aufgrund verringerter N-Düngung, der Substitution von Ersatz von Mineraldünger und importierter Futtermittel und (bei mehrjährigen Leguminosen) dem Humusgehalt im Boden.</p> <p>Es bestehen vielfältige Synergien mit pflanzenbaulichen Aspekten, weiteren Umweltzielen, sowie der Versorgung mit einheimischen Eiweißpflanzen. Im ökologischen Landbau sind Leguminosen als N-Inputquellen und zur Proteinversorgung in der Tierhaltung ein unverzichtbarer Teil der Fruchtfolge.</p> <p>Etablierte AUKM zur Fruchtartendiversifizierung können ausgebaut oder ergänzt werden. Der Aufbau von Wertschöpfungsketten ist ebenfalls eine Basis für einen verstärkten Anbau von Leguminosen.</p> <p>Aus- und Weiterbildung, Beratung und Demonstrationsnetzwerken kommt eine wichtige Rolle zu, um Leguminosen wieder verstärkt zu etablieren.</p>

3.5 Ausweitung des ökologischen Landbaus

Der Ökolandbau überschneidet sich mit mehreren anderen Ansatzpunkten wie dem Humusaufbau auf Ackerflächen, dem Anbau von Leguminosen, der Einsparung von Mineraldünger und Einschränkungen im Bereich der Viehhaltung.

Auch im Nationalen Klimaschutzprogramm 2030 (BMU 2019a) wird der Ausbau des Ökolandbaus als separate Maßnahme aufgeführt. Baden-Württemberg verfolgt das Ziel, den Ökolandbau bis zum Jahr 2030 auf 30 bis 40 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen auszubauen (siehe LLG). Im Aktionsplan „Bio aus Baden-Württemberg“¹⁶ werden diverse Handlungsfelder und Maßnahmen genannt, die diese Zielerreichung unterstützen sollen, inklusive Fördermaßnahmen, die über den MEPL angeboten werden. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2016) nennt auf nationaler Ebene 20 %. In der EU Farm to fork-Strategie sind von mindestens 25 % die Rede.

Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz	Betriebe des Ökolandbaus düngen ausschließlich organisch und müssen im Ackerbau ein Augenmerk auf humuserhaltende Fruchtfolgen haben. Die Vorräte an organischer Bodensubstanz sind in Ackerböden ökologisch wirtschaftender Betriebe i.d.R. höher als im konventionellen Anbau. Es ergeben sich Minderungspotenziale aufgrund eingesparter Emissionen durch die Herstellung von Mineral-
---	---

¹⁶ <https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unsere-themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/aktionsplan-bio/>

	<p>dünger. Die Viehbesatzdichte ist ebenso wie der Zukauf externer Futtermittel (mit denen unerwünschte indirekte Landnutzungsänderungen einhergehen können) durch den Kreislaufgedanken begrenzt.</p> <p>Bei einer Umstellung auf Ökolandbau gehen Sanders und Heß (2019) von einer zusätzlichen THG-Einsparung von 939 kg CO₂-Äq/ha*a aufgrund einer - zeitlich befristeten - Kohlenstoffspeicherung im Boden aus. Diese Vergleiche beziehen sich nur auf den Oberboden. Es gibt jedoch Hinweise, dass es durch den vermehrten Anbau tiefwurzelnder Leguminosen, der im Ökolandbau verbreiteter ist, auch zu einem höheren Gehalt von C_{org} in tieferen Bodenschichten kommt (Don et al. 2018).</p> <p>Aufgrund der geringeren Stickstoffüberschüsse sind auch die N₂O-Emissionen aus dem Ökolandbau auf die Fläche bezogen niedriger als im konventionellen Anbau (lt. Sanders und Heß (2019) im Mittel um 24 %). Diese Wirkung relativiert sich jedoch, wenn man diese auf den Ertrag bezieht (ebd.).</p> <p>Der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz schätzt den Beitrag des Ökolandbaus zum Klimaschutz insgesamt als nicht eindeutig ein. Zwar entstanden niedrigere flächenbezogene THG-Emissionen. Betrachtet man jedoch die THG-Emissionen bezogen auf erzeugte Produkte, so können diese durch die teilweise deutlich geringeren Erträge und Leistungen je nach Standort, Betriebsausrichtung und Management sehr unterschiedlich ausfallen, wodurch Verlagerungseffekte auftreten können (WBAE und WBW 2016).</p> <p>Untersuchungen von Hülsbergen und Rahmann (2015) (S. 41) zeigen bei einer Gesamtbetrachtung der produktbezogenen THG-Emissionen bei gleicher Milchleistung einen Vorteil von ökologischen Betrieben (ca. 200 g CO₂-Äq. pro kg ECM¹⁷), da in den konventionellen Betrieben der Futterzukauf (inklusive potenzieller Landnutzungsänderungen bei der Erzeugung von Sojaextraktionsschrot) für die THG-Bilanz eine wichtige Rolle spielt.</p>
Synergien & Konflikte	<ul style="list-style-type: none"> + Wasserschutz durch geringere Austräge von Nährstoffen, Pflanzenschutzmitteln und Tierarzneimitteln + Bodenschutz aufgrund vergleichsweise stärker humuserhaltender Fruchtfolge mit einem höheren Anteil an Futterleguminosen und ausschließlich organischer Düngung sowie des Verzichtes auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel + Biodiversität aufgrund des Verzichtes auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel sowie ein geringeres Nährstoffniveau und damit weniger dichte Bestände. Besonders relevant sind diese Unterschiede auf Ackerland und in Dauerkulturen. Im Vergleich zu konventionellen Betrieben wird Ackerland im ökologischen Landbau i.d.R. zudem mit einer höheren Diversität an Fruchtarten bewirtschaftet, inklusive Leguminosen. + Tierschutz + Beschäftigungseffekte (ggü. konventionellen Vergleichsbetrieben werden im ökologischen Landbau 0,2 bis 0,3 Arbeitskräfte je 100 ha mehr beschäftigt (BMU 2019a)) + Gesundheitsschutz (für Anwender und Verbraucher) durch Verzicht auf den Einsatz chem.-synth. Pflanzenschutzmittel - Produktionsrückgang (Die Ausweitung des ökologischen Landbaus führt zu Rückgängen in der Produktion von Ackerfrüchten, insbesondere Getreide. Durch ein verändertes Verbraucherverhalten – Verringerung des Konsums tierischer Lebensmittel, weniger Lebensmittelverluste – könnte dies kompensiert werden). <p>(für Details siehe auch Sanders und Heß 2019)</p>
Wichtige Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung des Ökolandbaus (Flächenmaßnahme, Kontrollzuschuss) ■ Förderung von Investitionen auf landwirtschaftlichen Betrieben

¹⁷ ECM = energiekorrigierte Milch: berücksichtigt zusätzlich zur Milchleistung energierelevante Inhaltstoffe (wie Fett und Eiweißgehalt) in der produzierten Milch einer Kuh

	<ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung von Maßnahmen in der Wertschöpfungskette (Verarbeitung, Vermarktung) ■ Wissenstransfer ■ Forschung und Innovation (u.a. im Bereich Züchtung, Sortenwahl, Düngung) ■ Kennzeichnung/Label
<p>Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)</p>	<p><u>Ökolandbau (Einführung, Beibehaltung) (FAKT)</u></p> <p>Fördervoraussetzungen und Auflagen (Auswahl): Bewirtschaftung des gesamten Unternehmens entsprechend der EU-Öko-Verordnung</p> <p>Ausgleichszahlungen (Einführung/Beibehaltung) (€/ha): Acker/Grünland: 350/230; Gartenbauflächen: 935/550; Dauerkulturen: 1.275/700; zusätzlich 60 €/ha (max. 600 €/Betrieb) für Öko-Kontrollnachweis</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Fast 14 % der LF wurden 2018 von Biobetrieben bewirtschaftet. Die über die FAKT-Maßnahme geförderte Fläche setzte sich im Jahr 2017 zusammen aus knapp 60 % Dauergrünland, 37 % Ackerfläche und 2,6 % Dauerkulturen. Damit wurden insgesamt 15 % der Dauergrünlandfläche, gut 6 % der Ackerfläche und 7 % der Fläche mit Dauerkulturen über diese Maßnahme gefördert. Traditionell werden Futterbau- sowie auf Obst- und/oder Wein spezialisierte Betriebe vergleichsweise häufiger ökologisch bewirtschaftet, wodurch die Förderung überdurchschnittlich im (südlichen) Schwarzwald, Teilen der Schwäbischen Alb oder im Allgäu und am Bodensee in Anspruch genommen wurde. Die Viehbesatzdichte ist geringer als in vergleichbaren konventionellen Betrieben.</p> <p><u>Einzelbetriebliche Förderung (AFP)</u></p> <p>Inhalte (Auswahl): u.a. Förderung der Einrichtung und Modernisierung von unbeweglichem Vermögen wie Ställe, aber auch Lagerhallen und Futter-, Heu- und Dunglager; Kauf von neuen Anlagen der Innenwirtschaft; Kauf von neuen Maschinen und Geräten der Außenwirtschaft, die zu einer deutlichen Minderung von Emissionen bei der Aufbringung von Wirtschaftsdüngern führen. Ökologische Bewirtschaftung ist ein von max. 14 zu erreichenden Punkten für die Auswahlkriterien zur Förderung.</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Etwa ein Fünftel (19,3 %) der Antragsteller des AFP wirtschaftet nach ökologischen Richtlinien (Stand Ende 2018).</p> <p><u>Weitere MEPLIII-Maßnahmen:</u></p> <p>Betriebe des ökologischen Landbaus können ebenfalls von Maßnahmen in der Wertschöpfungskette (Investitionen in der Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse) profitieren, von betriebsbezogenen investiven Maßnahmen der Landschaftspflegerichtlinie (Investitionen in kleine landwirtschaftliche Betriebe; Investitionen in der Verarbeitung und Vermarktung naturschutzgerecht produzierter Erzeugnisse) sowie zusätzlich über diverse AUKM gefördert werden.</p> <p>Keine dieser Maßnahmen ist jedoch spezifisch auf den Ökolandbau ausgerichtet, und nicht alle AUKM sind mit der Förderung des Ökolandbaus kombinierbar. Die Evaluierung ergab für die genannten investiven Maßnahmen keine besonderen Schlussfolgerungen, inwieweit der ökologische Landbau profitiert. Im Fall der AUKM nehmen Ökobetriebe zu einem höheren Prozentsatz an der Fruchtartendiversifizierung teil als konventionelle Betriebe, ebenso deutlich häufiger an Vertragsnaturschutzmaßnahmen, und insbesondere ist die Heumilchförderung mit ökologisch wirtschaftenden Betrieben verbunden.</p> <p>Bei Auswertungen zur Fruchtartendiversifizierung (FAKT-Maßnahme A1) wurde die hohe Bedeutung von Leguminosen bei der ökologischen Wirtschaftsweise deutlich (IfLS und ART, 2019). Selbst bei Nicht-Teilnahme an dieser Maßnahme, die zum Anbau von Leguminosen verpflichtet, bauten 94 % der Ökobetriebe Leguminosen an, und der Flächenanteil war im Falle eines Anbaus deutlich höher (39-44 % der Ackerfläche) als bei konventionellen Betrieben (dort rund 15 % der Ackerfläche). 74 % dieser Ökobetriebe bauten dabei Klee gras an und dies auf durchschnittlich mehr als einem Drittel der Ackerfläche.</p>

Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule	<p>Förderung des Ökolandbaus weiter sicherstellen, Kombinierbarkeit mit weiteren Fördermaßnahmen gewährleisten.</p> <p>Förderung der Verarbeitung und Vermarktung gezielt ausbauen, einschließlich einer verstärkten Förderung von Unternehmen des Ernährungshandwerks und von Erzeugerzusammenschlüssen.</p> <p>Konkrete Empfehlungen u.a. zu Beratung und Information, investiver Förderung und Flächenprämie siehe Endbericht der Produktions- und Marktpotenzialstudie EVA-BIOBW 2030 (Ecozept 2021) zum Ökolandbau in Baden-Württemberg</p>
Fazit	<p>Klimaschutz aufgrund geringerer Stickstoffüberschüsse und Humusgehalt im Boden wird beim Ökolandbau deutlich, wenn er auf die Fläche bezogen wird, relativiert sich jedoch bei Bezug auf die Produktionsmenge. Durch ein verändertes Verbraucherverhalten – Verringerung des Konsums tierischer Lebensmittel, weniger Lebensmittelverluste – könnte dies kompensiert werden. Es sind vielfältige Synergien mit weiteren Umweltaspekten und dem Tierwohl vorhanden, ebenso positive Beschäftigungseffekte.</p> <p>Beratung, Fördermaßnahmen und Label sind etabliert, Ökologischer Landbau gesellschaftlich anerkannt und erwünscht. Hemmnisse bzw. Herausforderungen für eine weitere Ausweitung der Fläche bilden u.a. die Begrenzung der verfügbaren Fördermittel, Ausbildung und Beratung und die Ausweitung der Nachfrage nach Bioprodukten.</p> <p>Die MEPL-Förderung muss begleitet werden von Maßnahmen zur Ausweitung von (möglichst regionalen) Vermarktungspotenzialen. Dies schließt Verbraucherinformationen und eine bessere Vernetzung und Zusammenarbeit von allen Akteuren in der Wertschöpfungskette ein. Insbesondere in sensiblen Gebieten (z. B. im Bereich Wasserschutz) sollte über Beratung gezielt für eine Umstellung geworben werden.</p>

3.6 Schutz und Regeneration von Mooren

Für die Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention werden Moore unter „organischen Böden“ aufgeführt, die in den oberen 20 cm mindestens 15 % organische Substanz enthalten müssen. Damit können über die klassischen Moorböden hinaus auch Moorgleye, Anmoor- oder Torffolgeböden wie Sanddeckkulturen erfasst werden. „Moorbodenschutz“ sollte sich daher auf organische Böden generell beziehen. Das Moorschutzprogramm Baden-Württemberg (UM und LUBW 2015) bezieht neben den Hoch- und Niedermooren ebenfalls weitere organische Böden ein.

Moorschutz ist bereits sowohl auf Landes- als auch auf Bundesebene Inhalt von Strategien und Programmen aufgeführt (Auswahl):

- Moorschutzprogramm Baden-Württemberg (UM und LUBW 2015): Beschreibt Ziel und Handlungsfelder sowie Instrumente des Moorschutzes.
- Naturschutzstrategie Baden-Württemberg: u.a. Renaturierung aller regenerationsfähigen Hochmoore (ca. 500 ha), angepasste Nutzung eines wesentlichen Teils der Niedermoorflächen (34.000 ha). Umwandlung von Acker- zu Grünland auf Moorböden; keine weitere Entwässerung, insbesondere von Moor- und Anmoorböden; attraktive und effektive Agrarumweltmaßnahmen für den Moorschutz auf landwirtschaftlich genutzten Standorten entwickeln und anbieten.
- Nationales Klimaschutzprogramm 2030 (BMU 2019a): Schutz von Moorböden einschließlich Reduzierung der Torfverwendung in Kultursubstraten.
- Eine Moorschutzstrategie der Bundesregierung ist aktuell in Entwicklung.

Für eine aktuelle Zusammenstellung von Handlungsfeldern und Ansatzpunkten im Bereich Moorschutz auf Bundesebene siehe auch Nitsch und Schramek (2020b).

Die folgende Maßnahme bezieht sich auf aktuell landwirtschaftliche genutzte organische Böden.

<p>Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz</p>	<p>THG-Emissionen aus organischen Böden betreffen insbesondere CO₂-Emissionen aus dem Abbau organischer Substanz, in geringerem Maß auch N₂O-Emissionen. Ob Torf in einem Moorkörper erhalten bleibt, der Abbau zumindest begrenzt abläuft oder eine starke Zehrung der organischen Substanz vorhanden ist, dafür ist der mittlere Grundwasserstand unter Flur im Sommer der entscheidende Einflussfaktor. Schlüsselmaßnahme für Klimaschutz ist daher die Anhebung des Wasserstandes auf entwässerten Standorten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Aus Klimaschutzsicht optimal ist die Wiedervernässung bis hin zu moorerhaltendem Wasserstandsmanagement mit nachfolgender Renaturierung oder Paludikultur¹⁸. Die höchsten Effekte erreicht man mit einer Vollvernässung mit einem Wasserstand, der sich dauerhaft zwischen 0 und 10 cm unterhalb der Oberfläche befindet (Greifswald Moor Centrum 2019, WBAE und WBW 2016). ■ Moorzeherungsmindernde Bewirtschaftungsverfahren sind die Anhebung des Grundwasserstandes mit Umwandlung von Acker- in Grünland und angepasste Bodenbearbeitung. Bereits ab Wasserständen von höchstens 20 cm unter Flur ist im Vergleich zu einer traditionellen landwirtschaftlichen Nutzung bereits eine deutliche Klimaschutzwirkung möglich (DVL 2019). <p>Eine reine Nutzungsextensivierung ohne Anhebung des Wasserstandes stellt keine effektive Klimaschutzmaßnahme dar (Tiemeyer et al. 2017; Osterburg et al. 2018). Ein Verzicht auf Grünlandumbbruch oder Vertiefung der Entwässerung verhindert jedoch zumindest eine weitere Erhöhung der THG-Emissionen¹⁹ und eine Nutzungsextensivierung erlaubt ggf. höhere Wasserstände.</p> <p>Naturnahe Moore wirken langfristig durch Torfbildung als Kohlenstoffsinken. Aktuelle Emissionsfaktoren für unterschiedliche Landnutzungskategorien organischer Böden für Deutschland finden sich in Tiemeyer et al. (2020).</p> <p>Was CO₂-Vermeidungskosten und Flächeneffizienz betrifft, gilt die Vernässung von Moorböden aufgrund der hohen Emissionen im entwässerten Zustand als eine der effizientesten Klimaschutzmaßnahmen in der deutschen Land- und Forstwirtschaft (Tiemeyer et al. 2017). Selbst wenn die Produktion auf andere mineralische Standort verlagert werden sollte, lohnt sich dies für den Klimaschutz aufgrund des Erhalts der hohen Vorräte an Kohlenstoff in organischen Böden (Isermeyer et al. 2019).</p>
<p>Synergien & Konflikte</p>	<p>+ Wasser-, und Bodenschutz, Biodiversitätsschutz (z. B. Abel et al. 2016; DVL 2019; Ssymank et al. 2015) (nur im Ausnahmefall Konflikte)</p> <p>+ bei moderater Wasserstandsanhhebung: bessere Ertragssicherheit in trockenen Jahren</p> <p>- Konflikte mit Nahrungs- und Futtermittelproduktion; Landwirte müssen bei einer Vernässung ihre Produktion auf diesen Flächen ein- oder zumindest stark umstellen; mit Hilfe von Paludikulturen können auf wiedervernässten Flächen weiterhin Futtermittel oder Substrate für eine stoffliche oder energetische Nutzung erzeugt werden (siehe auch Greifswald Moor Centrum 2019).</p> <p>Relevante Hemmnisse für die Umsetzung sind außerdem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoher Planungs- und Kooperationsaufwand aufgrund des notwendigen regionalen Ansatzes für Wiedervernässungsmaßnahmen. Erforderlich ist eine Zusammenarbeit diverser Akteure,

¹⁸ Produktive Nutzungsverfahren auf nassen bzw. wiedervernässten Moorstandorten. Unterschieden werden können Anbau-Paludikulturen“, die durch Anpflanzung oder Ansaat nassliebender Pflanzen (z. B. Rohrglanzgras, Schilf, Rohrkolben, Erlen, Torfmoose) oder durch die Anpassung des Managements gezielt auf vernässten Flächen etabliert werden, und extensiv genutztes Nassgrünland (Mahd oder Beweidung).

¹⁹ In Baden-Württemberg gilt bereits über das LLG ein Umwandlungsverbot auf Moorböden und eine Genehmigungspflicht für die Neuanlage oder wesentliche Änderung einer Anlage zur Entwässerung von Dauergrünland.

	<p>wie Gebietsbetreuenden, Landnutzenden und -eigentümern sowie Wasserbehörden, und eine langfristige Flächensicherung. Das Vorgehen muss jeweils an die Bedingungen vor Ort angepasst werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hinzu kommt die bisher nicht gewährleistete Direktzahlungsfähigkeit von wiedervernässten Flächen²⁰. • Die Entwicklung wirtschaftlicher Verwertungs- und Vermarktungswege für Paludikulturen stehen größtenteils noch aus und es besteht weiterhin Forschungsbedarf bezüglich Anbau, Technik und Umweltwirkungen.
<p>Wichtige Instrumente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (v.a. Wasserrecht, Naturschutzrecht, Raumordnung) ■ Maßnahmen der 1. Säule: Beihilfefähigkeit, zukünftig Konditionalität, Öko-Regelung ■ Förderung diverser investiver Maßnahmen zur Wiedervernässung (inkl. Planung und Flächensicherung), ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betriebe, ■ Förderung über Flächenmaßnahmen (AUKM, Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der WRRL) ■ Wissenstransfer und Zusammenarbeit ■ Forschung und Innovation ■ Zertifizierungsansätze und Bepreisung von THG-Emissionen aus organischen Böden <p>Voraussetzung für eine ganze Reihe von Maßnahmen sind eindeutige Kulissen für organische Böden.</p>
<p>Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)</p>	<p><u>Investitionen über die Landschaftspflegerichtlinie</u>: Offenhaltung, Wiedervernässung, spezielle Artenschutzmaßnahmen, Ankauf von Flächen, Planungen etc.</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Bisher nur vereinzelt Maßnahmen im Zusammenhang mit Moorschutz; Fokus auf Biodiversität</p> <p><u>AUKM zu extensiven Grünlandbewirtschaftung über den Vertragsnaturschutz (Landschaftspflegerichtlinie) und zur extensiven Nutzung wertvoller Lebensräume (§30 Biotop) (FAKT B 4 und B 6)</u></p> <p>Aus der Evaluierung ergaben sich bisher keine Erkenntnisse über Abdeckung von Moorflächen über AUKM</p>
<p>Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ AUKM zur dauerhaften Umwandlung von Acker in Dauergrünland auf organischen Böden (Beispiele in anderen Bundesländern siehe 3.3.2) ■ AUKM zur Moorschonenden Stauhaltung (siehe z. B. entsprechende Maßnahme in Brandenburg) ■ AUKM für wiedervernässte Flächen mit dem Fokus Klimaschutz als landw. Förderprogramm (Nassgrünland, Anbau-Paludikulturen) ■ evtl. perspektivisch Förderung der Einsaat nässeverträglicher Grünlandmischung, die noch als Futter dienen kann z. B. für Jungtiere und Trockensteher (aktuelles Forschungsprojekt der LfL in Bayern zur Entwicklung moorverträglicher Bewirtschaftungsmaßnahmen für landwirtschaftlichen Moor- und Klimaschutz widmet sich u.a. Optionen für mittelintensiv genutztes Nassgrünland auf Moorstandorten²¹)

²⁰ In den Verordnungs-Vorschlägen zur kommenden GAP-Förderperiode von EU-Rat- und –Parlament ist dies bereits vorgesehen. Die finale Formulierung der Verordnungen steht noch aus und ist abhängig von den Ergebnissen des Trilog auf EU-Ebene.

²¹ <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/262620/index.php>

	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stärkere Ausrichtung existierender Fördermaßnahmen der LPR im Zusammenhang mit Moorschutz auf Klimaschutz oder separates Förderprogramm (bestehende Beispiele: „Wiederherstellung von Feuchtgebieten und Mooren“ in Mecklenburg-Vorpommern und „Flächenmanagement für Klima und Umwelt“ in Niedersachsen) ■ Maßnahmen zur Zusammenarbeit können das notwendige kooperative Vorgehen beim Moorschutz unterstützen (Beispiel: „Zusammenarbeit für eine markt- und standortangepasste Landbewirtschaftung“ in Brandenburg) ■ Insbesondere langfristig angelegte AUKM von 15-20 Jahren wären geeignet, Wiedervernässungsmaßnahmen zu begleiten (Abel et al. 2016; Greifswald Moor Centrum 2019; Osterburg et al. 2018). Eine solche langfristige Förderung müsste jedoch abgewogen bzw. abgestimmt werden mit eventuellen alternativen längerfristigen Ansätzen einer Honorierung von klimawirksamen Maßnahmen.
<p>Fazit</p>	<p>Der Anteil an Mooren an der Landesfläche ist in Baden-Württemberg mit 1,3 % vergleichsweise gering. Aufgrund der hohen THG-Emissionen entwässerter landwirtschaftlich genutzter Moore gilt deren Wiedervernässung jedoch als effiziente Klimaschutzmaßnahme. Die Anhebung von Wasserständen ist allerdings ein langwieriges und komplexes Vorhaben.</p> <p>Für einen effektiven Moorbodenschutz muss es nicht nur zur Nutzungsaufgabe auf einigen wenigen Flächen kommen, sondern ein Transformationspfad zu einer moorschonenden Bewirtschaftung auf breiter Fläche bis hin zur Vollvernässung eingeleitet werden. Es bedarf Investitionen in direktem Zusammenhang mit Wiedervernässung (inklusive Planung und Flächenbereitstellung). Es muss außerdem die Anpassung von betroffenen Betrieben in die Wege geleitet und unterstützt werden. Wissenstransfer (inklusive Pilotprojekte), Vernetzung diverser Akteure und Kommunikation sind essentiell.</p> <p>Neben der Schärfung des Ordnungsrechts in Bezug auf Moorschutz umfasst das notwendige Spektrum an Fördermaßnahmen Aktivitäten zur Flächenbereitstellung, Anpassungen von Flächenzahlungen, Förderung von Investitionen sowie Beratung, Ausbildung und Zusammenarbeit und die Entwicklung wirtschaftlicher Verwertungs- und Vermarktungswege für Paludikulturen.</p> <p>Es ergeben sich vielfache Synergien mit dem Schutz von Biodiversität, Boden und Wasser sowie der Anpassung an den Klimawandel.</p>

3.7 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Energiebedingte Emissionen sind in Baden-Württemberg mit etwa 89 % für einen Großteil der THG-Emissionen verantwortlich (Stand 2016, Stat. Landesamt Baden-Württemberg). Die Reduktion dieser Emissionen ist daher ein zentraler Ansatzpunkt für den Klimaschutz.

Die Landwirtschaft kann in diesem Bereich durch eine **Erhöhung der Energieeffizienz** bei der Agrarproduktion beitragen. Biomasse kann als **erneuerbare Energie** fossile Energien ersetzen, wobei - soweit es sich nicht um Reststoffe handelt - der Bedarf an Anbaufläche und an Produktionsmitteln bei der Klimawirkung berücksichtigt werden muss. Ebenso müssen alternative Verwertungsmöglichkeiten für Biomasse (stoffliche Verwertung, Humusaufbau) in Betracht gezogen werden. Landwirtschaftliche Gebäude und Flächen können auch zur Energieerzeugung beispielsweise über Photovoltaik (PV) genutzt werden. Ein im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Flächennutzung interessanter neuerer Ansatz ist die Agri-PV, die eine Doppelnutzung von Flächen ermöglicht, indem unter hochstehenden PV-Modulen gleichzeitig landwirtschaftliche Produkte erzeugt werden können. Je nach Kultur und klimatischen Bedingungen ergeben sich leichte Ertragseinbußen, aber auch positive Auswirkungen im Hinblick auf einen Schutz vor zu hoher Einstrahlung oder extremen Wetterereignissen. Für eine ausführlichere Darstellung siehe Fraunhofer ISE (2020).

Die Erzeugung erneuerbarer Energien sowie Energieeffizienz wird allerdings ganz überwiegend durch Preissignale und Fördermaßnahmen der Energiepolitik bestimmt sowie von ordnungsrechtlichen Regelungen (z. B. Energieeffizienzrichtlinie, Baurecht). Bei Agri-PV spielt aktuell auch die Aberkennung von flächenbezogenen Zahlungen der GAP auf betroffenen Flächen eine hemmende Rolle. Fördermaßnahmen des ELER sind nur von untergeordneter Relevanz für eine Förderung im Energiebereich. Eine Förderung von Investitionen, die im Zusammenhang mit dem EEG oder dem KWK-G stehen, ist z. B. im AFP ausdrücklich ausgeschlossen. U.a. Maßnahmen zum Wissenstransfer sind aber bereits Teil des MEPL III (siehe auch Bemerkungen in Kapitel zum Energieeffizienz-Check in Kapitel 2.5.3). Indirekt Einfluss auf den Energieverbrauch hat auch der Einsatz von N-Mineraldünger, dessen Erzeugung energieintensiv ist, und der durch Maßnahmen der 2. Säule beeinflusst werden kann (für Maßnahmen im Zusammenhang mit Stickstoffeffizienz siehe insbesondere Kapitel 3.1 und 3.2).

In diesem Kapitel wird in der folgenden Tabelle nur auf die **Reduzierung des Energieverbrauchs in landwirtschaftlichen Unternehmen** eingegangen.

Energieeffizienz in der Landwirtschaft wird auch als Thema im Nationalen Klimaschutzprogramm 2030 (BMU 2019) aufgeführt.

3.7.1 Reduzierung des Energieverbrauchs in landwirtschaftlichen Unternehmen

<p>Grundsätzliche Wirkungen für den Klimaschutz</p>	<p>Ein geringerer Energieverbrauch reduziert Emissionen aus fossilen Energiequellen. Hoher Energiebedarf entsteht durch Kraftstoffeinsatz für Maschinen und Wärme- und Stromverbrauch durch den Wärmebedarf in der Geflügel- und Schweinehaltung und beheizte Gewächshäuser sowie in der Milchviehhaltung durch Milchkühlung, Vakuumpumpen, Belüftungs- und Trocknungsanlagen und die Beleuchtung.</p> <p>Beleuchtung, Raum- und Prozesswärme, Kälte, Lüftung, Druckluft, Pumpen, Motoren und Kraftstoff sind Bereiche, in denen kurzfristig der Energieverbrauch optimiert werden kann²².</p> <p>Bsp. Dieserverbrauch: Der Dieserverbrauch in landwirtschaftlichen Maschinen zwischen 2008 und 2016 ist um jährlich ca. 2 % angestiegen (bundesweite Zahlen) (Osterburg et al. 2019). Einsparungen sind vor allem durch eine Extensivierung der Bodenbearbeitung, die Einführung GPS-gesteuerter Parallelfahrssysteme und durch Technologien zur Reduktion des Reifenschlupfs in der Bodenbearbeitung möglich. Das tatsächliche Einsparpotential lässt sich aber für den Gesamtsektor kaum quantifizieren, da nicht bekannt ist, in welchem Umfang diese Technologien bereits eingesetzt werden und die Standortbedingungen stark variieren.</p> <p>Insgesamt reichen die für die Emissionsberichterstattung derzeit genutzten Datengrundlagen und Schätzungen nicht aus, um THG-Vermeidung durch erhöhte Energieeffizienz in der Landwirtschaft zu dokumentieren (Osterburg et al. 2019).</p>
<p>Synergien & Konflikte</p>	<p>+ Kosteneinsparungen durch verringerten Energieverbrauch</p> <p>+ Luftreinhaltung durch verringerte Emissionen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe</p> <p>- hohe Investitionskosten (z. B. für neue Gewächshäuser)</p>
<p>Wichtige Instrumente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ordnungsrecht (v.a. Energiestandards für landwirtschaftliche Geräte, Maschinen und Gebäude oder Investitionsbeihilfen) ■ Preissignale aus der Energiepolitik, die Anreize zur Reduzierung des Energieverbrauchs setzen, z. B. Besteuerung von CO₂-Emissionen ■ Förderung von Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben

²² <https://www.praxis-agrar.de/umwelt/klimawandel-und-klimaschutz/energieeffizienz-in-der-landwirtschaft/>

	<ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung von Investitionen in der Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse ■ Wissenstransfer ■ Forschung und Innovation
<p>Aktuelle MEPL III-Maßnahmen (ohne flankierende Maßnahmen wie Beratung und Zusammenarbeit)</p>	<p><u>Einzelbetriebliche Förderung (AFP):</u></p> <p>Inhalte (Auswahl): u.a. Förderung der Einrichtung und Modernisierung von unbeweglichem Vermögen wie Ställe, aber auch Lagerhallen und Futter-, Heu- und Dunglager; Kauf von neuen Anlagen der Innenwirtschaft</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung (IfLS und ART 2019): Nur in einzelnen Förderfällen war Energieeinsparung bzw. die Verbesserung der Energieeffizienz explizit ein Ziel. Bis Ende 2018 wurden in drei Vorhaben Maschinen und Anlagen zur Energieeinsparung gefördert und in fünf Vorhaben bauliche Maßnahmen zur Energieeinsparung. Es handelte sich dabei um wenige Anlagen zur Energieerzeugung (vor allem mit regenerativen Energieträgern/Biomasse) oder zur energieeffizienteren Lagerung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Es kann angenommen werden, dass darüber hinaus Investitionen in neue technische Anlagen im Rahmen von Stallum- und -neubauten Beiträge zu einer erhöhten Energieeffizienz führen, z. B. im Bereich der Milchkühlung mit Energierückgewinnung. Der Umfang der Energieeinsparung kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht eingeschätzt werden.</p> <p><u>Förderung von Investitionen in der Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse</u></p> <p>Inhalte (Auswahl): Investitionen für Maschinen, Einrichtungen und bauliche Anlagen, die zur Erfassung, Lagerung, Kühlung, Sortierung, marktgerechten Aufbereitung, Verpackung, Etikettierung, Verarbeitung oder Vermarktung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse dienen, sowie allgemeine Aufwendungen wie Architekten- und Ingenieurleistungen, Baugenehmigungen etc. Ziel ist auch die Verbesserung der Effizienz des Ressourceneinsatzes, insbesondere von Wasser und Energie. Verbesserte Ressourceneffizienz ist ein Auswahlkriterium für Förderanträge.</p> <p>Erfahrungen aus der Evaluierung: In rund 90 % der Förderfälle war die energetische Ressourceneffizienz ein Ziel des Investitionsvorhabens. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Energieeffizienz durch den Einsatz modernerer Anlagen und Maschinen sowie wärmeeffizienterer Bauten insgesamt verbessert wird. Eine weiterführende Analyse der Energieeffizienz war mit den vorhandenen Daten nicht möglich, da nur die Veränderung des Energieverbrauchs insgesamt bekannt war, aber nicht pro Produktionseinheit. Die Investitionsvorhaben gehen jedoch oft mit einer Ausweitung der Produktion einher.</p> <p>[Maßnahmen zu Beratung im Rahmen des MEPL III und des Bundesprogramms zur Förderung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparung in der Landwirtschaft und im Gartenbau wurden bereits in Kapitel 2.5.3 Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. erwähnt. Über letzteres Programm werden außerdem Investitionen in materielle oder immaterielle Vermögenswerte gefördert, die die Energieeffizienz und die CO₂-Einsparung in energieverbrauchenden Produktionsprozessen der landwirtschaftlichen Primärproduktion wesentlich erhöhen (Schwerpunkt lag bisher auf dem stationären Energieeinsatz z. B. Nachrüstung von Energieschirmen zur Dämmung in Gewächshäusern, für den Einbau von Milchvorkühlern oder die Investition in Wärmerückgewinnungsanlagen). Durch die Aufnahme der Maßnahme in das Klimaschutzprogramm 2030 wird das Bundesprogramm verstärkt.]</p>
<p>Optionen zur Einführung bzw. zum Ausbau der Förderung in der 2. Säule</p>	<p>Energieeffizienz noch stärker im AFP und bei der Förderung von Verarbeitung und Vermarktung berücksichtigen</p>
<p>Fazit</p>	<p>Die Energiepolitik ist für den Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz maßgeblich. Das bestehende Förderprogramm des Bundes zur Energieeffizienz wird im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 ausgebaut. Investive Förderung im Rahmen der 2. Säule kann ebenfalls Wirkung zeigen, die allerdings schwer quantifizierbar ist.</p>

	<p>Im Rahmen des EIP beinhalten einzelne Vorhaben Beiträge zum Klimaschutz (z. B. umweltfreundliche Bodenbewirtschaftung, Einsparung von Treibstoff). Um eine Breitenwirkung zu erzielen, müssen diese modellhaften Vorhaben jedoch erst weitere Verbreitung finden.</p>
--	--

4 Analyse und Bewertung ausgewählter THG-Minderungsmaßnahmen

Nachfolgend wird eine Auswahl der zuvor beschriebenen Minderungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Minderungspotenzials und Vermeidungskosten detaillierter untersucht. Hierzu wurden die Maßnahmen ausgewählt, die sich hinsichtlich einer gewissen Flächenwirksamkeit auf die Breite der landwirtschaftlichen Produktion in Baden-Württemberg auswirken würden. Des Weiteren wurden Maßnahmen gewählt, für die wir durch die gute Datenverfügbarkeit im Rahmen dieser Ad hoc Studie räumlich differenzierter Ergebnisse ableiten können. Hierdurch lassen sich die Analysen von THG-Vermeidungsmaßnahmen für die Landwirtschaft auf Bundesebene (z. B. Osterburg et al. 2018, Osterburg et al. 2019, WBAE und WBW 2016, WBAE 2019) auf die spezifischen Bedingungen der landwirtschaftlichen Produktion in Baden-Württemberg prüfen.

Zur Bewertung der THG-Maßnahmen werden insbesondere die Anbauflächen in Baden-Württemberg und die damit verbundenen Deckungsbeiträge als wirtschaftliche Größe herangezogen. Als Datengrundlage für die Anbauflächen dienen die Daten des Gemeinsamen Antrages (GA-Daten) der Jahre 2016 und 2019 auf Flurstücksebene, die als Shapefile vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR) zur Verfügung gestellt wurden. Die Deckungsbeiträge für die in Baden-Württemberg angebaute Kulturen basieren auf zahlreiche Kalkulationsdaten und Preisstatistiken (LEL 2018a, 2018b; KTBL 2010, 2019a, 2019b, 2019c; LFL 2019, AMI, 2017, 2018, 2019a+b). Um den Veredlungswert des Ackerfutters über die tierische Nutzung zu schätzen, werden Ackerfutterpflanzen entsprechend ihrem Gehalt an GJ bzw. MJ NEL in Anlehnung an den Preis für Maissilage mit 11,75 €/GJ bzw. 0,23 €/10 MJ NEL bewertet. Aus umsatzsteuerlicher Sicht sind alle Preise, Erlöse und Kosten Nettobeträge. Analog der Vorgehensweise der Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum (LEL) bei der Erstellung der Deckungsbeiträge für Marktfrüchte (LEL 2018a) werden dabei drei Leistungsniveaus (gering, mittel, hoch) unterschieden, um auch unterschiedlicher Standortbedingungen berücksichtigen zu können. Die Zuordnung des Leistungsniveaus erfolgt dabei vereinfacht anhand der durchschnittlichen Erträge von Winterweizen auf Landkreisebene. Winterweizen wurde gewählt, da für jeden Landkreis hierfür auch Ertragsdaten vorlagen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg). Durch die Verschneidung der GA-Daten mit der Datenbank der Deckungsbeiträge kann dann für jedes Flurstück ein spezifischer Deckungsbeitrag generiert werden.

4.1 Senkung der Stickstoffüberschüsse

Für die nachfolgenden Berechnungen zu den Minderungseffekten werden die Hoftorbilanzen von Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben in Baden-Württemberg genutzt. Diese Hoftorbilanzen werden im Auftrag des MLR i.d.R. jährlich am Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim erstellt. Als Datengrundlage zur Ermittlung der In- und Outputdaten für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium werden die Buchführungsdatensätze des Testbetriebsnetzes Baden-Württemberg genutzt. Das verwendete Hoftorbilanzierungsmodell wurde 2020 an den aktuellen Stand im Bereich der Emissionsfaktoren und rechtlichen Rahmenbedingungen angepasst (Claß-Mahler et al. 2020). Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden nachfolgend als „Hoftorbilanzen BW“ abgekürzt.

4.1.1 Stickstoffüberschüsse in Baden-Württemberg - Beschreibung der gegenwärtigen Situation

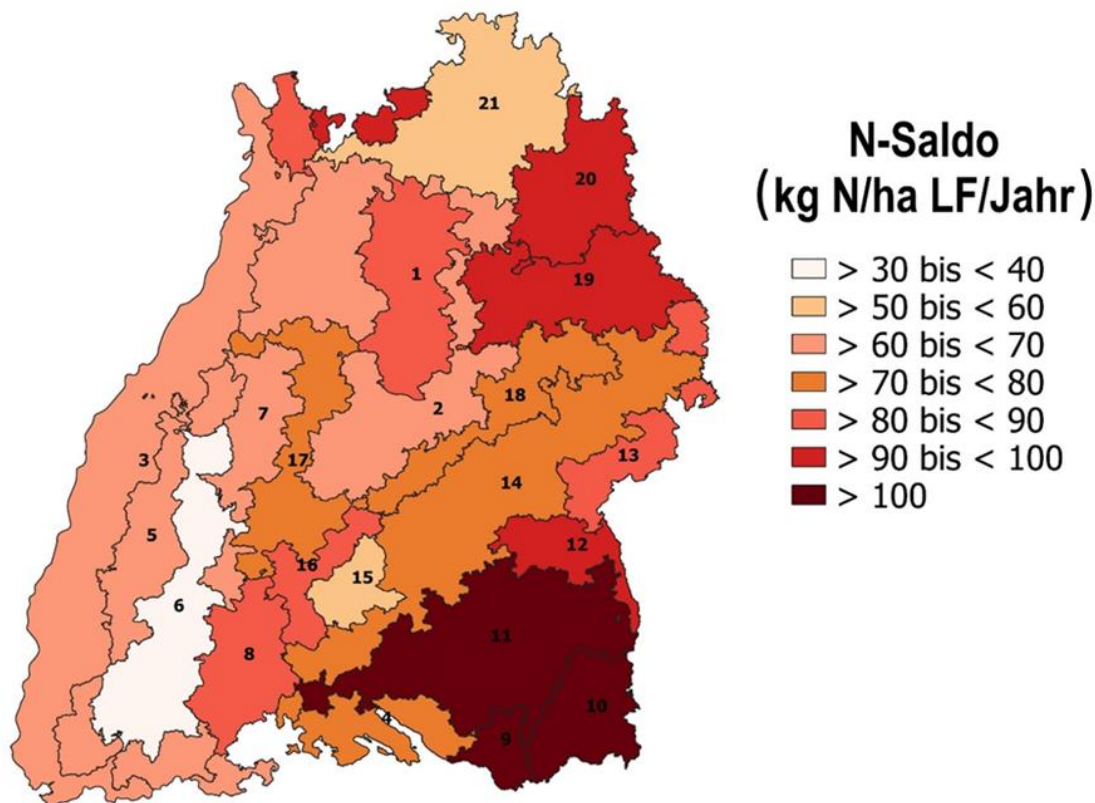
Die Höhe der berechneten Stickstoffüberschüsse in Baden-Württemberg auf Basis von Hoftorbilanzen fallen je nach verwendeter Datengrundlage sehr unterschiedlich aus. So wird auf Gemeindeebene im Rahmen von StickstoffBW ein Saldo von 102 kg N/ha LF ausgewiesen (MU Baden-Württemberg 2017). Im Rahmen von „Hoftorbilanzen BW“ wurde als Durchschnittswerte mit 84 kg N/ha LF ein deutlich geringerer Saldo berechnet.

Die regionale Untergliederung auf Ebene der Vergleichsgebiete von „Hoftorbilanzen BW“ zeigt, dass die Salden in BW regional sehr unterschiedlich ausfallen (Tabelle 1, Abbildung 1). Die Bilanzüberschüsse reichen von 40 kg N/ha LF im Hochschwarzwald (VG 6), einer extensiven Futterbauregion, und 120 kg N/ha LF im Allgäu (VG 10), einer intensiven Futterbauregion. Mit mehr als 132 kg N/ha LF sticht der Östliche Bodensee (VG 9) ins Auge. Diese Region verfügt über einen hohen Anteil an Dauerkulturbetrieben mit Obst- und Hopfenanbau. Insgesamt betrachtet korrelieren hohe N-Bilanzsalden auch mit einer hohen Viehbesatzdichte. Den höchsten Viehbesatz hat mit 2,4 Vieheinheiten je Hektar LF die Region Hohenlohe mit Schwerpunkt der Mastschweine- und Zuchtsauenhaltung. Auch hier liegt der Stickstoffsaldo mit 95 kg N/ha deutlich über den angestrebten 70 kg/ha LF.

Tabelle 1: N-Bilanzsalden und N-Bilanzkomponenten nach Vergleichsgebieten (Datengrundlage: Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe Ø WJ 13/14 - 17/18)

Vergleichsgebiet	Betriebe	Betriebsgröße		Viehbesatz		Input				Output			Saldo
		Anzahl	ha LF	VE/ha LF	Ø = 100	insg.	davon Mineraldünger	Futtermittel + Saatgut	Vieh	N ₂ -Bindung	insg.	davon pflz. Produkte	
						kg N/ha				kg N/ha			kg N/ha
1 Unterland/Bergstraße	585	35	0,7	66	177	142	27	2	6	89	75	15	88,0
2 Gäulandschaften	799	60	0,7	66	143	109	22	2	10	81	68	13	62,0
3 Rheinebene	203	71	0,4	37	130	110	10	1	10	62	57	6	67,8
4 Westlicher Bodensee	82	42	0,6	61	138	100	27	1	10	68	51	17	70,5
5 Westschwarzwald	56	29	1,0	100	100	40	32	1	27	33	12	21	67,3
6 Hochschwarzwald	54	34	1,0	98	73	25	23	0	24	33	9	24	39,8
7 Ostschwarzwald	74	70	1,0	99	105	62	21	4	18	38	17	21	66,9
8 Baar	20	66	0,8	81	136	101	20	1	14	55	39	16	81,1
9 Östlicher Bodensee	240	27	0,6	63	164	133	22	1	8	31	16	15	132,5
10 Allgäu	324	46	1,6	155	171	72	76	1	22	51	6	45	120,3
11 Oberland	678	70	1,5	145	192	119	57	3	12	71	38	33	120,1
12 Donau-Iller	151	76	1,5	149	185	117	51	10	7	87	49	38	97,3
13 Bessere Alb	143	64	1,6	157	165	110	43	5	7	82	49	33	82,5
14 Geringere Alb	448	75	1,0	0	127	80	27	2	18	47	28	19	79,6
15 Heuberg	15	84	0,4	41	68	40	6	1	21	18	12	5	50,9
16 Westliches Albvorland	67	120	0,9	86	131	70	40	2	19	44	23	21	87,5
17 Neckar-Nagold-Gebiet	149	81	0,6	62	126	91	20	1	15	53	43	11	73,1
18 Östliches Albvorland	136	64	0,9	90	120	72	29	1	17	43	24	19	76,9
19 Schwäbischer Wald/Odenwald	394	51	1,5	143	142	71	51	2	17	43	15	28	98,6
20 Hohenlohe	563	53	2,4	231	177	83	77	9	8	81	36	46	95,2
21 Bauland, Odenwaldrand und Taubergebiet	322	80	0,5	50	137	108	17	1	10	80	69	10	57,4
BW Gesamt	5514	58	1,0	100	148	97	35	2	13	64	42	22	84,0

Quelle: Claß-Mahler et al. (2020)



**Abbildung 3: Regionale N-Hoftorsalden auf Ebene der Vergleichsgebiete
(Datengrundlage: Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe Ø WJ 13/14 - 17/18)**

4.1.2 Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen durch eine Senkung der N-Bilanzüberschüsse

Nachfolgend soll aufgezeigt werden, wie sich eine Verringerung der Stickstoffüberschüsse auf 70 kg/ha LF auf die Treibhausgasbilanz von Baden-Württemberg auswirken würde. Dieser Wert wird in der Nachhaltigkeitsstrategie von Deutschland (Die Bundesregierung 2016) angestrebt.

Die Berechnung der eingesparten direkten und indirekten Lachgasemissionen aus Böden und der THG-Emissionen aus der Mineraldüngerproduktion erfolgt nach dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK 2016). Welches Einsparpotenzial sich durch die Reduktion auf den angestrebten Wert von 70 kg N/ha LF in Baden-Württemberg ergeben würde zeigt Tabelle 2. Dabei wurden zum einen das Minderungspotenzial in den Vergleichsgebieten betrachtet, die derzeit einen höheren Stickstoffsaldo als 70 kg N/ha LF haben. Zum anderen wurde die Menge an THG-Emissionen auf Basis des durchschnittlichen Stickstoffsaldos für Baden-Württemberg ermittelt. Die Tabelle weist sowohl das Minderungspotenzial für die bodenbürtigen Lachgasemissionen, als auch die Einsparungen durch eine geringere Mineraldüngerproduktion aus.

Die Zahlen zeigen, dass die rechnerischen Einsparungen an THG-Emissionen als Summe der Minderungen in den Vergleichsgebieten höher ausfallen würden, als bei der reinen Berücksichtigung des Durchschnittsaldos in Baden-Württemberg. Dies liegt daran, dass acht Vergleichsgebiete einen geringeren Hoftorsaldo als 70 kg N/ha aufweisen und somit der durchschnittliche Saldo in BW niedriger

ausfällt. Besonders hoch wäre das Einsparpotenzial in der Region Oberland (VG 11), dort liegt 40 % des Gesamteinsparpotenzials von Baden-Württemberg.

Betrachtet man nur die bodenbürtigen Lachgasemissionen, so würde die Reduzierung der N-Salden zu einer Einsparung von ca. 134 kt CO₂-Äq. führen. Dies wären mehr als 8 % der bodenbürtigen Lachgasemissionen in Baden-Württemberg. Werden die knapp 168 kt CO₂-Äq. durch die Reduktionen bei der Mineraldüngerproduktion mitberücksichtigt, könnten mehr als 300 kt CO₂-Äq. eingespart werden.

Tabelle 2: Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen (THGE) durch die Senkung der N-Hoftor-Salden in den Vergleichsgebieten und auf Landesebene

Vergleichsgebiet	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (ha)	Saldo (kg N/ha)	Minderungspotenzial THGE (t CO ₂ -Äq.)		
			N ₂ O Boden (direkt+indirekt)	Mineraldüngerherstellung	Summe
1 Unterland/Bergstraße	73.711	88,0	8.365	10.480	18.846
8 Baar	46.963	81,1	3.284	4.115	7.399
9 Östlicher Bodensee	14.808	132,5	5.846	7.324	13.171
10 Allgäu	47.862	120,3	15.217	19.064	34.280
11 Oberland	164.257	120,1	52.051	65.209	117.260
12 Donau-Iller	30.737	97,3	5.312	6.655	11.967
13 Bessere Alb	49.941	82,5	3.941	4.938	8.879
14 Geringere Alb	139.076	79,6	8.459	10.598	19.057
16 Westliches Albvorland	18.977	87,5	2.097	2.627	4.723
17 Neckar-Nagold-Gebiet	63.518	73,1	1.251	1.567	2.818
18 Östliches Albvorland	44.182	76,9	1.938	2.428	4.366
19 Schwäbischer Wald/Odenwald	74.472	98,6	13.464	16.868	30.332
20 Hohenlohe	78.916	95,2	12.562	15.737	28.299
Summe			133.788	167.609	301.397
BW Gesamt	1.409.986	84,0	124.356	155.793	280.148

Berechnung von potenziellen Vermeidungskosten

Zur Reduktion der Stickstoffüberschüsse können eine Vielzahl der Maßnahmen, die in Kapitel 3.1 beschrieben wurden, umgesetzt werden. Aus diesem Grund ist es an dieser Stelle schwierig, konkrete Maßnahmenkosten hierfür abzuleiten. Osterburg et al. (2019) kalkulieren Vermeidungskosten von 1 € pro kg reduziertem Stickstoff. Hieraus würden sich Vermeidungskosten von 158 €/t CO₂-Äq. errechnen, wenn nur die direkten und indirekten Lachgasemissionen aus Böden berücksichtigt würden; 70 €/t CO₂-Äq. bei zusätzlichem Einbezug der THG-Emissionen aus der Düngemittelproduktion. Insgesamt könnten durch die Reduktion des Stickstoffsaldos auf 70 kg N/ha in Baden-Württemberg mehr als 21 kt Stickstoff eingespart werden. Bezieht man diese Menge auf die auf Haenel et al. (2020) ausgewiesene Menge an stickstoffhaltige Mineraldünger für Baden-Württemberg von 101 kt im Jahr 2018, so könnte ein Fünftel dieser Menge eingespart werden.

4.1.3 Einordnung der Ergebnisse

Die Ergebnisse verdeutlichen, welch großes Einsparungspotenzial von THG-Emissionen mit der Reduzierung der Stickstoffüberschüsse verbunden wären. Neben einer Reduzierung der THG-Emissionen

könnten viele weitere Umweltwirkungen durch die Landwirtschaft wie Nitratbelastung des Grundwassers und Ammoniakemissionen vermindert werden. Ebenso würde es zur Erhaltung der Biodiversität durch Reduzierung der Eutrophierung und Versauerung aufgrund atmosphärischer Stickstoffdepositionen beitragen (Osterburg et al. 2019).

Die Ergebnisse verdeutlichen auch, welche Rolle die Viehdichte bei den N-Bilanzüberschüssen spielt und wie wichtig regionale Strategien zur Umsetzung von THG-Minderungsmaßnahmen sind.

4.2 Reduzierung der Tierbestände

Wie bereits zuvor beschrieben, trägt die landwirtschaftliche Tierhaltung zu einem großen Anteil der THG-Emissionen und zu den Stickstoffüberschüssen in Baden-Württemberg bei. Nachfolgend soll aufgezeigt werden, wie sich eine Reduzierung der Tierbestände in Baden-Württemberg auf die landwirtschaftlichen Einkommen und auf das Minderungspotenzial der THG-Emissionen des Sektors Landwirtschaft auswirken würde. Hierbei gehen wir im Rahmen dieser Studie vereinfacht von einer proportionalen Reduzierung aller Tierarten aus.

4.2.1 Beitrag der Tierproduktion zu den landwirtschaftlichen Einkommen in Baden-Württemberg – Beschreibung der gegenwärtigen Situation

Die Tierhaltung trägt zu einem großen Anteil an den landwirtschaftlichen Einkommen bei. So machten die tierischen Produkte 2018 etwa 40 % des Produktionswertes der Landwirtschaft in Baden-Württemberg aus. Auf Bundesebene lag der Anteil sogar bei 52 % (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, o. J. d). Zieht man vom Produktionswert die Ausgaben für Vorleistungsprodukte ab, so erhält man die Bruttowertschöpfung. Dieser Wert wäre für eine Betrachtung der ökonomischen Leistung der Tierhaltung der aussagekräftigere Wert, er liegt aber nur für den gesamten Land- und Forstwirtschaftlichen Sektor auf Landes- und Bundesebene vor.

Zur Abschätzung, welchen Einkommensbeitrag die Tierhaltung in Baden-Württemberg hat, werden in einem ersten Schritt die Tierzahlen nach der Agrarstrukturerhebung 2016 erfasst. Diese werden mit den Standarddeckungsbeiträgen (SDB) der jeweiligen Tierart (KTBL 2020, LfL 2020a) verknüpft und so der Gesamtdeckungsbeitrag für die Tierhaltung berechnet. Dies ist eine sehr vereinfachte Vorgehensweise, da ein durchschnittlicher SDB je Tierart unterschiedliche Leistungsniveaus, Fütterungsstrategien usw. nicht berücksichtigt. Die Berechnungen können aber erste Anhaltspunkte zu potenziellen Einkommensrückgängen durch eine Reduktion der Tierbestände in Baden-Württemberg geben. Da der SDB sowohl Erlöse als auch die Kosten der Vorleistungsprodukte erfasst, kann er vereinfacht als Wert für das Bruttosozialprodukt aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung verwendet werden.

Auf Grundlagen dieser Berechnungen trug die Tierhaltung im Jahr 2016 zu den landwirtschaftlichen Einkommen mit etwa 1.075 Mio. € bei. Dabei stammt mit 56 % der größte Anteil aus der Haltung von Milchkühen. Die Mastschweine- und Zuchtsauenhaltung trägt mit etwa 20 % zu den SDB aus der Tierhaltung bei. Von untergeordneter Bedeutung ist mit 5 % die landwirtschaftliche Geflügelproduktion und die Haltung von Schafen und Ziegen mit 1,7 %.

Tabelle 3: Einkommensbeitrag der Tierhaltung in Baden-Württemberg, berechnet anhand der Standarddeckungsbeiträge und der Tierzahlen in 2016

Tierart	Anzahl	SDB	Summe
	Stück	€/Tier	1.000 €
Milchkühe	346.936	1741	604.016
andere Kühe	57.332	78	4.472
Kälber u. Jungrinder bis unter 1 Jahr (männlich)	102.367	324	33.167
Kälber u. Jungrinder bis unter 1 Jahr (weiblich)	178.911	324	57.967
Rinder 1 bis unter 2 Jahre (männlich)	66.732	574	38.304
Rinder 1 bis unter 2 Jahre (weiblich)	164.883	199	32.812
Rinder 2 Jahre und älter (männlich)	6.966	418	2.912
Rinder 2 Jahre und älter (weiblich)	60.236	199	11.987
Ferkel	751.604	86	64.638
Zuchtsauen	172.248	424	73.033
andere Schweine	951.774	86	81.853
Mutterschafe	161.727	88	14.232
andere Schafe	6.075	88	535
Ziegen	29.776	124	3.692
Legehennen	2.726.335	14,4	39.341
sonstiges Geflügel	1.133.125	10,2	11.513
Masthühner	1.084.747	1,3	1.443
Summe			1.075.915

4.2.2 Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen durch eine Reduzierung der Tierbestände

Ein Rückgang im Bereich der Tierhaltung wäre mit einer Freisetzung von landwirtschaftlichen Flächen, die nun nicht mehr für die Bereitstellung von Futtermittel benötigt würden, verbunden. Um das Ausmaß dieser Flächenfreisetzung berücksichtigen zu können, werden die Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) zur Ableitung der Flächennutzung für die Erzeugung von Futter für Nutztiere herangezogen (Destatis 2018). Hieraus lässt sich der Flächenbedarf im In- und Ausland je Tierart und pro Tier für Deutschland ableiten. Dieser Flächenbedarf wird nun auf die in 2016 gehaltenen landwirtschaftlichen Nutztiere in Baden-Württemberg angewendet (vgl. Tabelle 3). Leider unterscheidet die Statistik der UGR nicht nach Acker- und Grünlandflächen. Anhand der Betriebszweigmaßrechnung für Milchviehbetriebe in Bayern (Lfl 2020b) und der Arbeit von Löber (2020) lässt sich für die Milchviehhaltung ein Anteil an Grasprodukten am Gesamtfutter von etwa 50 % ableiten. Dieser Wert wird bei den Berechnungen für die Rinderhaltung in Baden-Württemberg insgesamt angewendet, wohl wissend, dass er bei der Jungtieraufzucht darüber liegt und bei der konventionellen Rindermast deutlich darunter. Hieraus ergibt sich ein Gesamtbedarf an Ackerfläche zur Fütterungszwecke in Baden-Württemberg von etwa 400.000 ha. Um abzuschätzen, ob diese Flächenangabe realistisch sein kann, wird der Faustwert, dass 60 % des Getreides in Deutschland verfüttert wird (BMEL 2020), auf Baden-Württemberg angewendet und die Ackerfutterfläche hinzugezählt. Hierdurch wird unter der Verwendung der GA-Daten von 2019 eine Ackerfläche für Fütterungszwecke von etwa 415.000 ha errechnet. Unter Verwendung der Daten der Agrarstatistik für Baden-Württemberg für 2019 ergäben sich etwa 425.000 ha.

Die Einkommensrückgänge, die sich nun aus einer Reduzierung der Tierbestände um 10 %, 20 % und 30 % ergeben würden, sind in Tabelle 4 dargestellt. Neben den Einkommensrückgängen aus der Tierhaltung kämen nun durch die Flächenfreisetzung von nicht mehr benötigten Futterflächen SDB aus dem Ackerbau hinzu. Als Wert hierfür wird ein durchschnittlicher SDB analog der in Kapitel 4 beschriebenen Vorgehensweise ermittelt. Hierfür errechnet sich ein SDB von etwa 520 €/ha (netto, ohne Prämien) im Durchschnitt von Baden-Württemberg. Dabei sind die SDB für Ackerfutter nicht mitberücksichtigt, da diese indirekt bereits durch SDB der Tierhaltung enthalten sind.

Hierdurch werden die Rückgänge der SDB aus der Tierhaltung etwas abgemildert, aber bei weitem nicht ausgeglichen. Insgesamt wäre eine Reduzierung der Tierbestände um 10 % mit einem Rückgang der SDB aus der Tierproduktion in Baden-Württemberg von knapp 87 Mio. € verbunden. Bei 30 % würde der Rückgang 260 Mio. € ausmachen. Die zusätzlichen SDB aus der freigesetzten Ackerfläche könnten die Verluste aus der Tierhaltung um ca. 20 % reduzieren.

Die Minderung der THG-Emissionen durch die Reduzierung der Tierbestände wird analog der Bilanzierung nach Haenel et al. (2020) für Baden-Württemberg berechnet. Dabei würde eine Reduktion des Tierbestandes um 10 % eine Vermeidung von 320 kt CO₂-Äq. je Jahr bedeuten. Mit einem Rückgang von 30 % wäre eine Minderungspotenzial von fast 1000 kt CO₂-Äq. je Jahr verbunden. Bezogen auf die THG-Emissionen im Jahr 2016, das die Grundlage für die Tierzahlen in Tabelle 3 war, könnten somit die landwirtschaftlichen THG-Emissionen um bis zu etwa 20 % reduziert werden. Durch die hohen Einkommensrückgänge fallen die hier berechneten Vermeidungskosten mit 271 €/t CO₂-Äq. vergleichsweise hoch aus.

Tabelle 4: Auswirkungen einer Reduzierung der Tierbestände auf die landwirtschaftlichen Einkommen, das Minderungspotenzial für landwirtschaftliche Treibhausgasemissionen und die damit verbundenen Vermeidungskosten

	Reduktion der Tierbestände um		
	10%	20%	30%
Rückgang SDB Tierhaltung (1000 €)	107.591	215.183	322.774
Flächenfreisetzung Futtermittel (Inland) (ha)	40.000	80.000	120.000
SDB Ackerfläche zusätzlich (1000 €)	20.716	41.432	62.147
Verluste STD insgesamt (1000 €)	86.876	173.751	260.627
Reduktion THGE (1000 t CO ₂ -Äq)	320	641	961
Anteil an THGE BW Gesamt (2016) (%)	6,8	13,6	20,4
Vermeidungskosten (€ t CO ₂ -Äq.)	271,2	271,2	271,2

4.2.3 Einordnung der Ergebnisse

Die Berechnungen zu den Auswirkungen einer Reduzierung der Tierbestände können nur grobe Anhaltspunkte zum Minderungspotenzial und der Einkommensverluste der Landwirtschaft in Baden-Württemberg liefern, da sowohl bei der Erfassung der SDB als auch bei der Reduktion der THG-Emissionen aus der Tierhaltung mit Durchschnittswerten gerechnet wurde. Hierdurch ergibt sich auch der lineare Zusammenhang zwischen der Reduktion der Tierbestände, dem Rückgang der SDB und der THG-Emissionen. In der Realität würden bei einer Vorgabe zur Reduktion der Emissionen aus der Tierhaltung, z. B. durch eine Emissionssteuer, erst die Zahlen der Tiere, die zu einem geringeren Anteil am

SDB aus der Tierhaltung beitragen, reduziert. Das wären, wenn man die SDB je Tier in Tabelle 3 betrachtet, insbesondere die Mutterkühe, aber auch Schafe und Ziegen. Dies wäre allerdings u.a. aus Sicht der Landschaftspflege oder aber auch für den Erhalt von extensiv genutztem Dauergrünland negativ zu bewerten. Einschränkungen im Bereich der Milchviehhaltung gäbe es hingegen erst bei höheren Reduktionsvorgaben. Hierdurch würden die Vermeidungskosten bei der Vorgabe einer Reduzierung der Tierbestände um 10 % sicherlich deutlich niedriger, bei der Vorgabe um 30 % deutlich höher ausfallen. Um hier eine bessere Abschätzung zu bekommen, müsste man sowohl die THG-Emissionen, als auch die Einkommenswirkung je Tierart sowie naturräumliche Gegebenheiten differenzierter betrachten. Dies war im Rahmen diese Studie nicht möglich, kann aber mit vorhandenen ökonomisch-ökologischen Modellansätzen wie EFEM (z. B. Krimly et al. 2016) oder aber auch Modellen des Thünen Institutes erfolgen.

Des Weiteren bleibt festzuhalten, dass die Berechnungen in Tabelle 4 auf Basis der THG-Emissionen der Landwirtschaft in Baden-Württemberg nach Haenel et al. (2020) erfolgt ist. Hierbei werden die THG-Emissionen z. B. aus dem Einsatz von Betriebsmitteln, wie bereits erwähnt, nicht berücksichtigt. Ebenso wurde die Flächenbelegung durch importierte Futtermittel bei den Berechnungen außer Acht gelassen. Diese würde unter Anwendung der Daten der UGR (Destatis 2018) bei der Betrachtung der Rinder-, Schwein- und Geflügelhaltung in Baden-Württemberg einen Flächenbedarf für importierte Futtermittel von circa 150.000 ha ausmachen.

Die großen Auswirkungen einer Reduzierung der Tierbestände auf die landwirtschaftlichen Einkommen zeigen aber auch, mit welchem Konfliktpotenzial dies verbunden wäre. Die hohen Minderungseffekte verdeutlichen aber, dass man nicht um ein Umdenken in der Menge, in der Art der Produktion und des Konsums tierischer Produkte herumkommen wird (Osterburg et al. 2029).

4.3 Ausweitung des Anbaus von Körner- und Futterleguminosen

Wie bereits in Kapitel 3.4 beschrieben ist der Anbau von Leguminosen mit einer Vielzahl von positiven ökologischen Wirkungen verbunden. Dieses Kapitel soll einen Überblick über den derzeitigen Anbauumfang von Leguminosen in Baden-Württemberg geben, die Rahmenbedingung einer Ausweitung des Anbaus und den damit verbundenen Effekten zur Treibhausgasminde rung aufzeigen.

4.3.1 Anbau von Körner- und Futterleguminosen – Beschreibung der gegenwärtigen Situation

Nachfolgend soll einen Überblick über den Anbau von Leguminosen und deren regionale Verteilung in Baden-Württemberg gegeben werden. Dabei sind unter den Körnerleguminosen alle großkörnige Leguminosen der GA-Daten zusammengefasst. Unter Futterleguminosen werden alle Klee-, Luzernegrasmische etc., die als Silage oder Frischfutter genutzt werden, aufsummiert (vgl. Tabelle 5). Im Jahr 2019 wurden auf 17.625 ha Körnerleguminosen angebaut, das sind 2,2 % der Ackerfläche in Baden-Württemberg. Futterleguminosen wurden auf mehr als 45.000 ha bzw. 5,6 % der Ackerfläche angebaut. Im Vergleich zu 2016 hat sich der Anbau von Futterleguminosen deutlich gesteigert, während die Anbaufläche von Körnerleguminosen nahezu gleich blieb.

Tabelle 5: Anbau von Körnerleguminosen und Futterleguminosen in Baden-Württemberg

Entwicklung Leguminosen		2016	2019	Veränderung (%)
Körnerleguminosen	ha	17.655	17.625	-0,2
Futterleguminosen	ha	38.765	45.137	16,4
Leguminosen gesamt	ha	56.420	62.762	11,2
Anteil an Ackerfläche				
Körnerleguminosen	%	2,2	2,2	0,0
Futterleguminosen	%	4,8	5,6	0,8
Leguminosen gesamt	%	6,9	7,7	0,8

Dabei ist die regionale Verteilung der Anbauflächen in Baden-Württemberg sehr unterschiedlich (vgl. Abbildung 4 und Abbildung 5). Bezogen auf die absoluten Anbauflächen werden mit jeweils mehr als 1.000 ha die meisten Körnerleguminosen in den Landkreisen Ortenaukreis (OG), Main-Tauber-Kreis (TBB), Heilbronn (HN) und Neckar-Odenwald-Kreis (MOS) angebaut. Den größten Anteil an der Ackerfläche haben die Körnerleguminosen mit 5,2 % im Landkreis Tübingen (TÜ) und im Ortenaukreis (OG) mit 4,9 %.

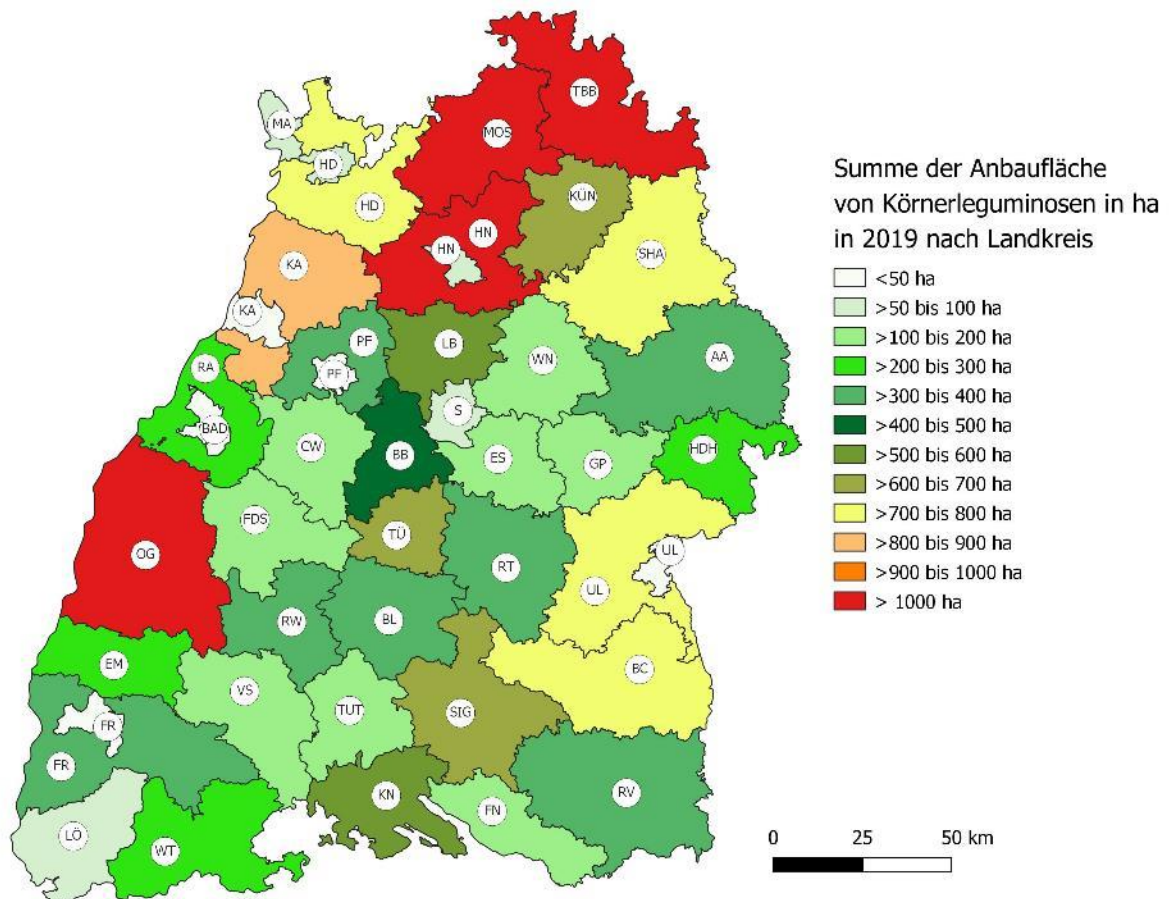


Abbildung 4: Anbaufläche von Körnerleguminosen in Baden-Württemberg (2019)

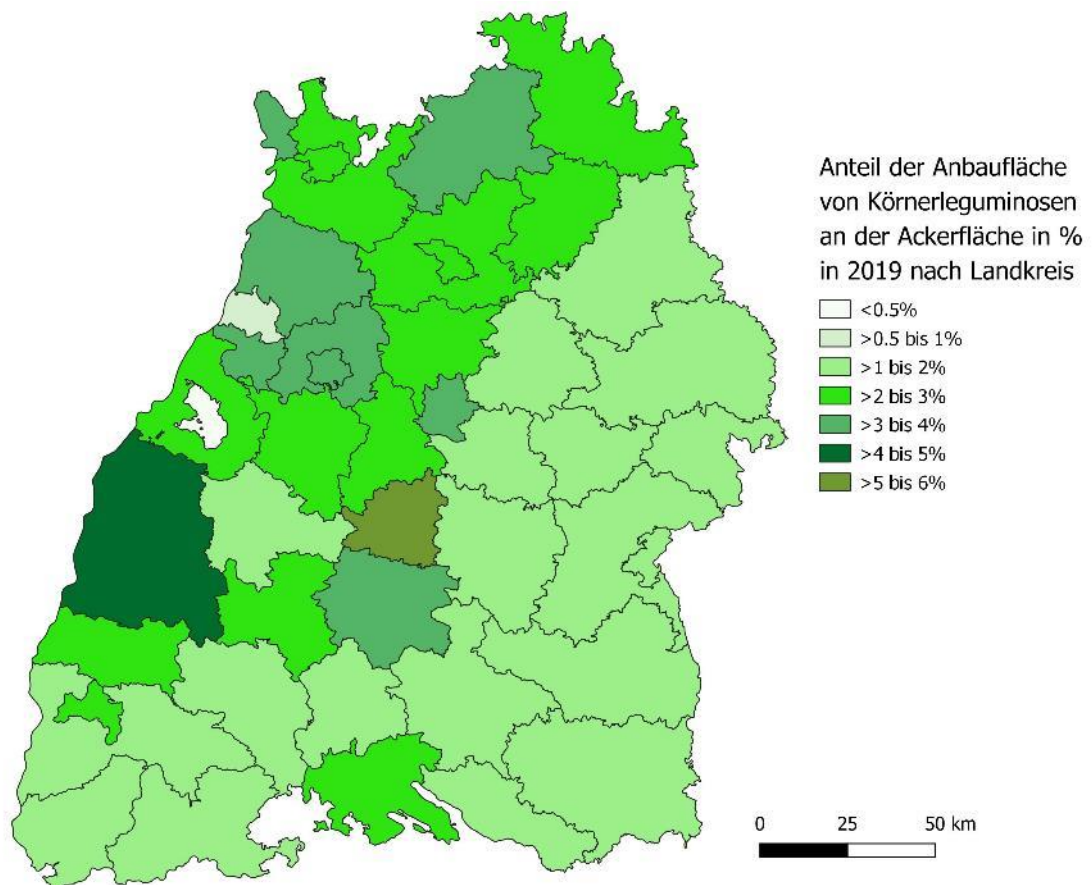


Abbildung 5: Anteil der Anbaufläche von Körnerleguminosen am Ackerland in Baden-Württemberg (2019)

Ein anderes Bild ergibt sich bei der regionalen Verteilung des Anbaus von Futterleguminosen. Mehr als 2.500 ha Futterleguminosen werden in den Landkreisen Reutlingen (RT), Main-Tauber-Kreis (TBB) und dem Alb-Donau-Kreis (UI) angebaut. Mehr als 2.000 ha in den Landkreisen Sigmaringen (SIG), Biberach (BC) und Waldshut (WT) (vgl. Abbildung 6). Bis auf den Landkreis Main-Tauber-Kreis (TBB) sind dies alle Landkreise mit einem sehr hohen Anteil an Futterbaubetrieben.

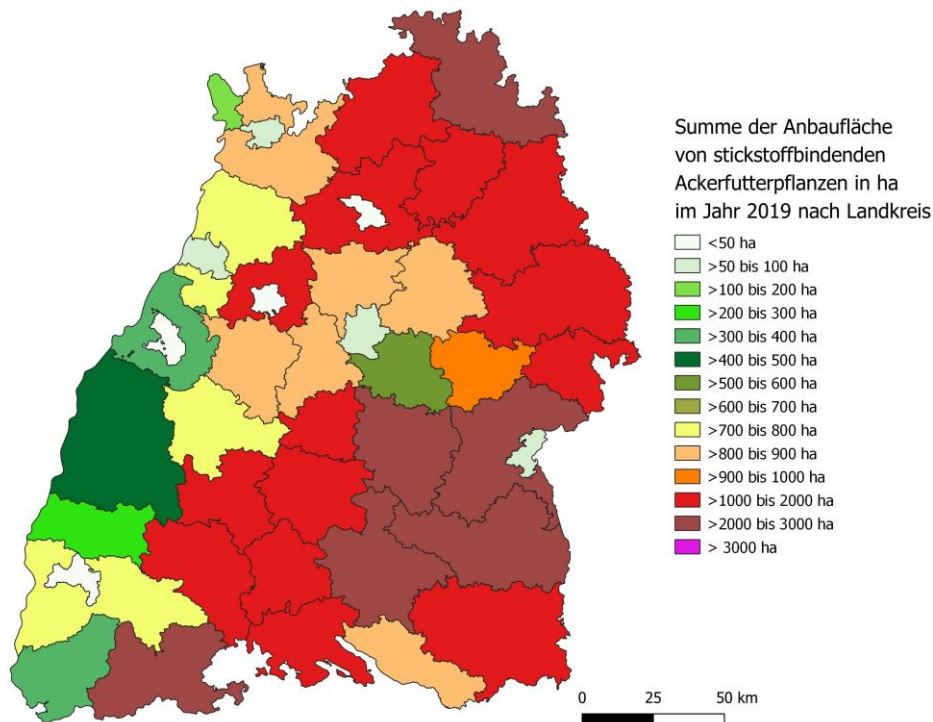


Abbildung 6: Anbaufläche von Futterleguminosen in Baden-Württemberg (2019)

Bezogen auf den relativen Anteil der Futterpflanzen an der Ackerfläche, haben die Futterleguminosen mit mehr als 10 % eine große Bedeutung in den Landkreisen Zollernalbkreis (BL), Waldshut (WT), Reutlingen (RT), Tuttlingen (TUT) und dem Schwarzwald-Baar-Kreis (VS) (vgl. Abbildung 7). Wiederum alle Regionen mit einem hohen Anteil an Futterbaubetrieben. Daneben kennzeichnen sich die Landkreise Waldshut (WT), Zollernalbkreis (BL) und auch der Schwarzwald-Baar-Kreis (VS) durch einen hohen Anteil an ökologischem Landbau aus.

Wie die bisherigen Anbauumfänge zeigen, ist die Bedeutung, insbesondere von den Körnerleguminosen, in Baden-Württemberg noch sehr gering. Momentan werden die Leguminosen durch die FAKT-Maßnahmen zur Fruchtartendiversifizierung, die einen Anteil von 10 % Leguminosen voraussetzt, gefördert. Diese hatte mit 127.139 ha in 2019 ihren Zielerreichungsgrad von 120.000 ha in 2020 schon mehr als erreicht (IfLS und ART 2019). Die tatsächliche Leguminosenfläche ist mit 62.762 ha deutlich höher als die im Rahmen der genannten FAKT-Maßnahme rechnerisch mindestens notwendigen 10 % Leguminosenfläche. Neben FAKT waren für die steigenden Anbauflächen seit 2015 auch die Möglichkeit, Leguminosen als ökologische Vorrangfläche zu melden, ein Anreiz.

In der Evaluierung wurde zudem die hohe Bedeutung des Leguminosenanbaus in ökologisch wirtschaftenden Betrieben deutlich. Bei konventionellen Betrieben, die überhaupt Leguminosen anbauten (ob in- oder außerhalb der FAKT-Maßnahme A 1 zur Fruchtartendiversifizierung), lag der Anteil bei rund 15 % der Ackerfläche. Bei den Ökobetrieben lag der Anteil im Fall einer Teilnahme an der FAKT-Maßnahme A 1 bei 44 % und auch Betriebe, die nicht an dieser Maßnahme teilnahmen, bauten auf 39 % ihrer Ackerfläche Leguminosen an (IfLS und ART 2019).

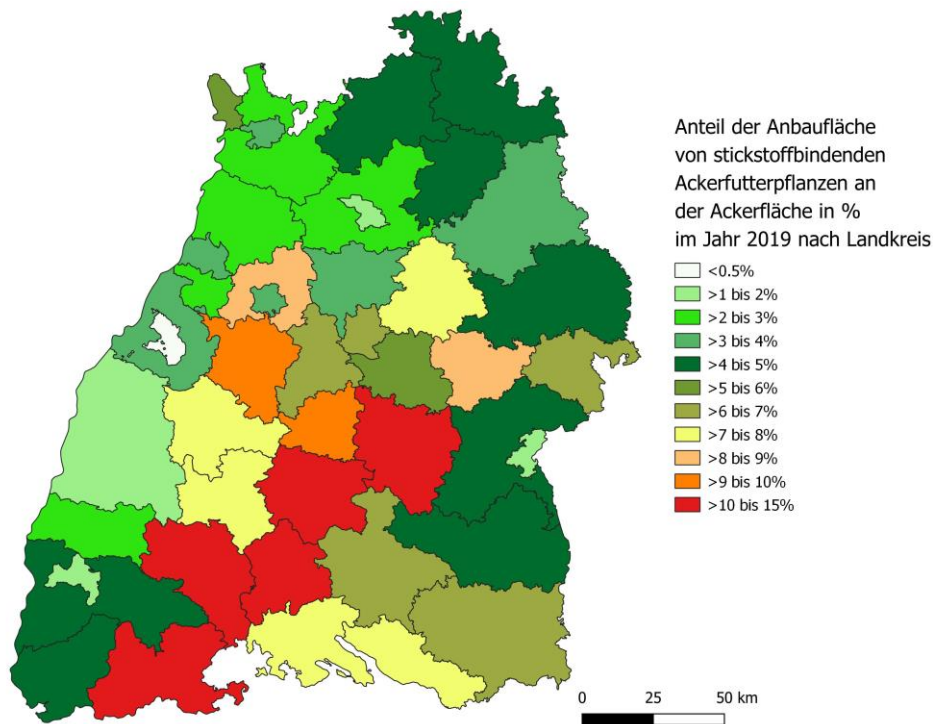


Abbildung 7: Anteil der Anbaufläche von Futterleguminosen am Ackerland in BW (2019)

4.3.2 Rahmenbedingungen für eine Ausweitung des Anbaus von Leguminosen

Um den Anbau von Leguminosen auszuweiten, werden nachfolgend die Rahmenbedingungen des Anbaus aufgezeigt. Durch die Eiweißstrategie des BMEL und der Eiweißinitiative in den Bundesländern, wie z. B. Baden-Württemberg, sind zahlreiche Demonstrationsnetzwerke (z. B. www.sojafördering.de, www.demoneterbo.agrarpraxisforschung.de, www.demonet-kleeluzplus.de) entstanden, die den Wissen- und Erfahrungsaustausch zwischen Forschung, Beratung und Praxis fördern sollen. Es wurden zahlreiche Anbauversuche auf verschiedenen Standorten in Deutschland gefördert, so dass mittlerweile eine vergleichsweise gute Datengrundlage vorliegt, um wirtschaftliche, agronomische und auch ökologische Wirkungen des Anbaus von Leguminosen bewerten zu können.

Auf den Informationsseiten des Sojaförderrings zeigen die Zahlen zur Wirtschaftlichkeit von Sojabohnen im Vergleich zu anderen typischen Druschfrüchten (vgl. Abbildung 8) die großen Schwankungsbreiten der Deckungsbeiträge von Soja auf. Dabei wurden die Deckungsbeiträge der unterschiedlichen Kulturen mit Hilfe des LfL-Deckungsbeitragsrechner für durchschnittliche Standorte in Bayern ermittelt. Es zeigt sich, dass bei einer reinen Betrachtung der durchschnittlichen Deckungsbeiträge der Jahre 2015 bis 2019 der Sojabohnenanbau den anderen Kulturen deutlich unterlegen ist. Mit ca. 250 €/ha liegt er ca. 150 €/ha niedriger als der Deckungsbeitrag von Winterraps. Der im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Deckungsbeitrag für Sojabohnen auf einem durchschnittlichen Standort in Baden-Württemberg liegt mit ca. 220 €/ha auf einem ähnlichen Niveau wie auf den bayerischen Standorten.

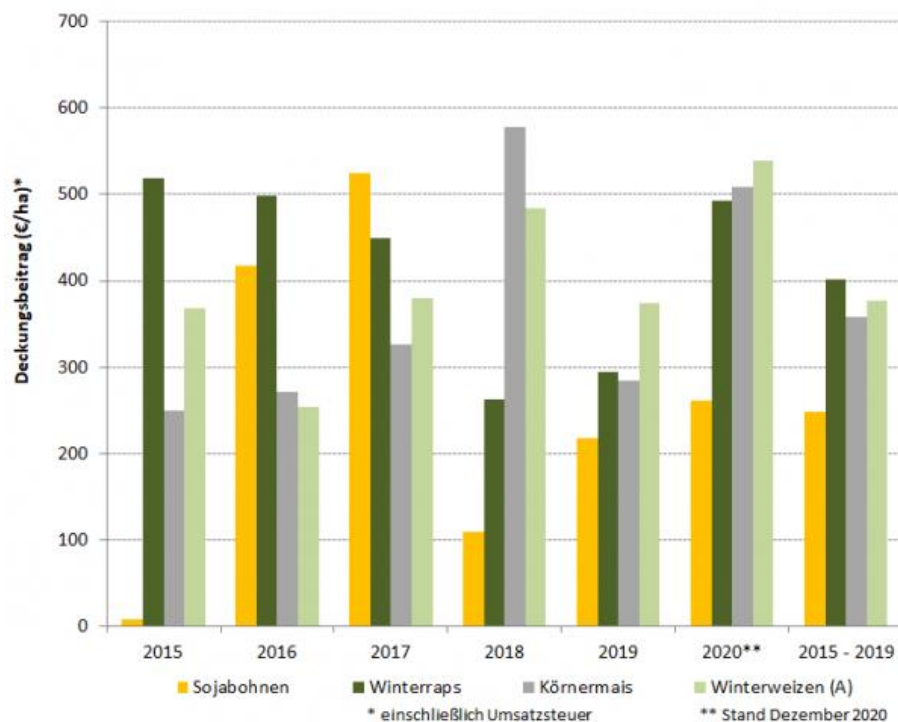


Abbildung 8: Deckungsbeiträge von Druschfrüchten im Mittel der Jahre 2015 bis 2019 in Bayern (Quelle: Sojaförderring, 2020)

Deutlich niedrigere bzw. negative Deckungsbeiträge im Vergleich zur Sojabohne ermittelte LÖber (2020) für konventionell angebaute Futtererbsen und Ackerbohnen (vgl. Abbildung 9). Die ökologisch angebaute Futtererbsen und Ackerbohnen liegen zwar noch unter ökologisch angebaute Winterweizen oder Körnermais, sind aber gegenüber dem konventionellen Anbau deutlich konkurrenzfähiger. Sehr hohe Deckungsbeiträge können durch den ökologischen Anbau von Sojabohnen erzielt werden. So lag der Deckungsbeitrag von Sojabohnen für die menschliche Ernährung im Durchschnitt der Jahre 2017 bis 2020 bei etwas mehr als 1.900 €/ha.

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Deckungsbeiträge für konventionell angebaute Körnerleguminosen zur Futtergewinnung liegen bei einem mittleren Ertragsniveau für Ackerbohnen bei 94 €/ha und für Erbsen bei 163 €/ha.

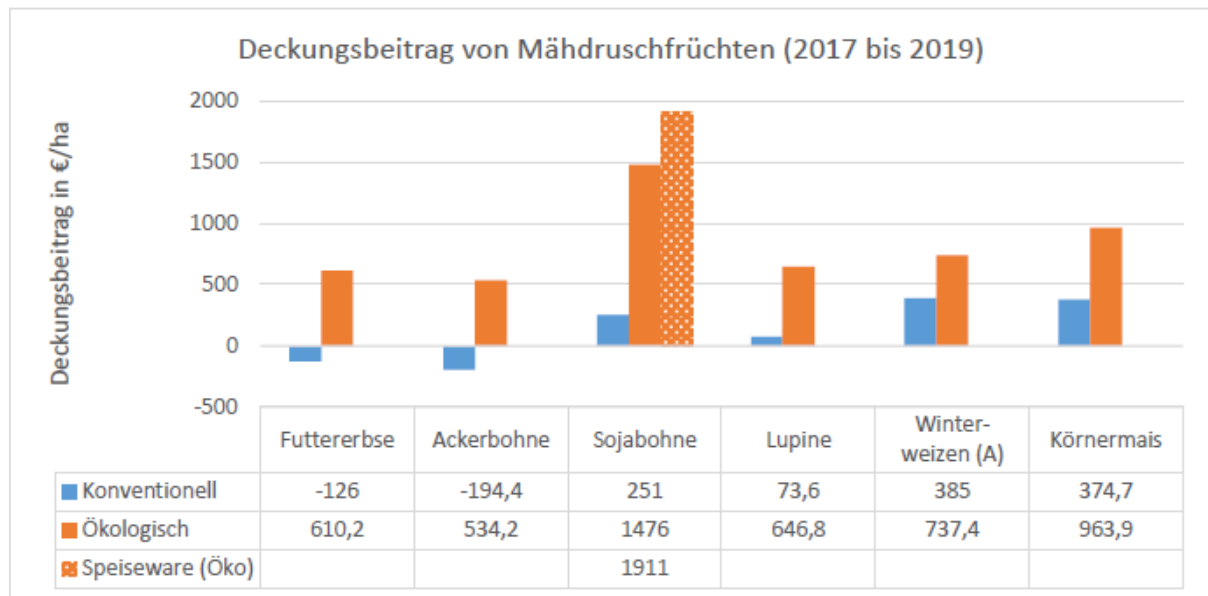


Abbildung 9: Deckungsbeitrag von ausgewählten konventionellen und ökologischen Mähdruschfrüchten im Zeitraum 2017 bis 2019 (Berechnungen von Löber 2020 auf Basis der LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten)

Die Deckungsbeiträge der konventionell produzierten Körnerleguminosen verdeutlichen, dass diese Kulturen ohne eine Berücksichtigung ihrer Vorfruchtwerte gegenüber den traditionellen Druschfrüchten nicht konkurrenzfähig sind. Böhm et al. (2020) analysieren in ihrer Übersichtsarbeit zur Rolle von Leguminosen in Fruchtfolgen zahlreiche Veröffentlichungen zum Vorfruchtwert von Leguminosen. Die Zahlen in Tabelle 6 verdeutlichen, dass die Aussagen zum Vorfruchtwert sehr unterschiedlich ausfallen. Vergleichsweise einheitlich sind die Ergebnisse im Bereich der Einsparung von Stickstoff bei der nachfolgenden Frucht. Beim Mehrertrag, der i.d.R. im Vergleich zu Weizen als Vorfrucht ausgewiesen wird, weisen die verschiedenen Autoren deutliche Spannen auf, die von nahezu keinem Mehrertrag bis zu 25 dt/ha der Folgekultur, meist Wintergerste oder Winterweizen, reichen. Angaben zur Einsparung im Bereich von Pflanzenschutzmitteln oder bei der Bodenbearbeitung werden nur von wenigen der analysierten Studien ausgewiesen. Die Spanne des monetären Vorfruchtwertes von Leguminosen liegt zwischen knapp 100 und 470 €/ha.

Tabelle 6: Untersuchungen zum Vorfruchtwert von Leguminosen

Studie	Mehrertrag 1. Folgekultur (dt ha ⁻¹)	Einsparung Stickstoff (kg N ha ⁻¹)	Einsparung Pflanzenschutz- mittel (€ ha ⁻¹)	Einsparung Bodenbearbeitung (€ ha ⁻¹)	Vorfruchtwert (€ ha ⁻¹)
ALBRECHT und GUDDAT (2004)	9,2	5 – 24	k.A.	k.A.	118 – 138
LÜTKE-ENTRUP et al. (2005)	0,5 – 25	0–20	5 – 24	k.A.	98 – 380
VON RICHTHOFEN et al. (2006a)	0,5 – 1	30	35	k.A.	152 – 204
ALPMANN et al. (2013)	6,3	27	k.A.	35	> 244
ALPMANN und SCHÄFER (2014)	5 – 15	5 – 35	0 – 50	20 – 60	127 – 471
PREISSEL et al. (2017)	5 – 15	23 – 31	< 50	70 – 125	160 – 300
ZERHUSEN-BLECHER et al. (2018)	6,6 – 7,5 ^a	28 – 32	k.A.	23 – 42	155 – 188

Quelle: Böhm et al. (2020)

Neben den rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten spielt insbesondere die Selbstunverträglichkeit der Leguminosen bei der Integration in die betrieblichen Fruchtfolgen eine große Rolle. Der Übersichtsartikel von Böhm et al. (2020) zeigt die unterschiedlichen Anbauphasen je betrachteter Leguminosenart deutlich auf (vgl. Tabelle 7). So benötigen die Futterleguminosen Serradella und Weißklee nur eine geringe Anbaupause. Bei den Körnerleguminosen zeichnet sich die Sojabohne hinsichtlich einer guten Selbstverträglichkeit, aber auch höheren Ansprüchen an den Standort, aus.

Tabelle 7: Empfohlene Anbauphasen für verschiedene Leguminosenarten

Futterleguminosen		Körnerleguminosen	
Art	Jahre	Art	Jahre
Serradella	1 – 2	Sojabohne	1 – 3
Weißklee	1 – 3	Ackerbohne, Lupine, Wicke, Linse	5 – 7
Alexandrinerklee, Perserklee	3 – 4	Grünfüttererbse (Peluschke)	5 – 9
Rotklee, Schwedenklee, Luzerne, Esparsette, Gelbklee, Inkarnatklee	4 – 7	Erbse	6 – 10

Quelle: Böhm et al. (2020)

Die Konkurrenzfähigkeit der Futterleguminosen ist eng mit dem Anbau von Silomais verknüpft. Laut den GA-Daten von 2019 werden auf etwa 103.000 ha Silomais zu Fütterungszwecken, 32.000 ha Silomais als Biogassubstrat und etwa 45.000 ha Futterleguminosen angebaut. Wenn man nur die Anbauflächen zur Fütterung betrachtet, werden auf 30 % Futterleguminosen und auf 70 % Silomais angebaut.

Die Kalkulationsdaten zum Futterbau der LEL (2018b) verdeutlichen die wirtschaftliche Vorzüglichkeit des Silomais gegenüber der Klee-grass Silage. So fallen die Kosten je Energieeinheit mit 0,19 €/10 MJ NEL für Klee-grassilage etwas 1,7mal so hoch aus wie bei Silomais (0,11 €/10 MJ NEL). Betrachtet man die regionale Verteilung der Futterleguminosen, so wird deutlich, dass insbesondere in Landkreisen mit vergleichsweise viel ökologisch bewirtschafteter Fläche, auch die Anbaufläche von Futterleguminosen hoch ist (z. B. Landkreise Zollernalb, Waldshut).

4.3.3 Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen durch die Ausweitung des Anbaus von Körnerleguminosen und die damit verbundenen Vermeidungskosten

Die Auswertungen der GA-Daten haben gezeigt, dass mit einem Anteil von 2,2 % an der Ackerfläche der Anbau von Körnerleguminosen vergleichsweise gering ist. Nachfolgend soll geprüft werden, wie hoch eine Flächenprämie für Körnerleguminosen sein müsste, um die Anbaufläche in Baden-Württemberg zu erhöhen. Hierzu wird ein Modellansatz verwendet, der nachfolgend beschrieben wird. Wir beschränken uns bei der Bewertung auf die Anbauausweitung von Körnerleguminosen, da die Körnerleguminosen als handelbares Produkt zum einen für einen größeren Anteil der Landwirte eine Anbauoption darstellen. Der Anbau von Futterleguminosen würde demgegenüber i.d.R. nur bei den Futterbaubetrieben in Baden-Württemberg oder als Biogassubstrat verwendet werden und nur begrenzt handelbar sein. Zum anderen sind die Minderungseffekte von Futterleguminosen nur schwer zu erfassen, weil eine Vielzahl von unterschiedlichen Futterleguminosengemischen mit verschiedenen Leguminosenanteilen in Baden-Württemberg angebaut werden. Hierfür eine Status-Quo Leistung der N-Fixierung aus den GA-Daten zu berechnen war nicht möglich.

Modellansatz

Mit Hilfe eines nicht-linearen Modells auf Basis der positiven mathematischen Programmierung (PMP) erfolgt die ökonomische Optimierung der Landnutzung (Howitt 1995). Das Modell besteht aus einem linearen und einem nicht-linearen Teil. Im Gegensatz zur linearen Programmierung können dadurch auch implizite Kosten berücksichtigt werden, die aufgrund fehlender Fakten nicht leicht durch Nebenbedingungen erfasst werden können (Röhm und Dabbert 2003). Durch die Annahme dieser impliziten Kosten verändern sich die Grenzkosten einer Aktivität mit dem Umfang des Produktionsvolumens (Wälzholz 2003).

Im ersten Schritt werden für jede Kulturart in jeder Gemeinde Schattenpreise abgeleitet. Zu diesem Zweck wird die Landnutzung in jeder Gemeinde durch eine entsprechende Nebenbedingung auf den Status Quo fixiert und ein lineares Modell gelöst. Die Schattenpreise werden anschließend im zweiten Teil des Modells als Parameter in der nicht-linearen Zielfunktion zur Reproduktion des Status Quo verwendet.

Generell besteht das Modell aus 1075 Gemeinden mit $i = \{1, \dots, 1075\}$ und 38 möglichen Kulturen bzw. Aktivitäten $k = \{1, \dots, 38\}$. Im Modell wird die Kostenfunktion aus mathematischen Gründen in einen nicht-linearen und einen linearen Teil aufgeteilt. Bei Kulturen, die im Status Quo in der Gemeinde nicht vorkommen, wird dadurch eine Division durch Null vermieden. Ein derartiges PMP-Modell kann nach Feusthuber et al. (2017) wie nachfolgend beschrieben werden. Die Gleichungen (1) – (3) beziehen sich dabei auf den nicht-linearen Teil des Modells und die Gleichung (4) auf den linearen Teil.

$$\max DB = \sum_{i,k} ((DB_{i,k} + P_k)X_{i,k}) - \begin{cases} \sum_i \frac{\rho_{i,k} \tilde{X}_i^\alpha}{\alpha x_i^{\alpha-1}}, & x_i^0 > 0 \\ \sum_i \rho_{i,k} \tilde{X}_i, & x_i^0 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum_k X_{i,k} \leq b_i \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_k X_{i,k} = \tilde{X}_i \quad \forall i \quad (3)$$

$$\sum_k X_{i,k} = x_i^0 \quad \forall i \quad (4)$$

Auf Basis der Zielfunktion (1) werden die DB auf Basis der gewählten Landnutzung je Gemeinde $X_{i,k}$ über alle Gemeinden summiert und der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Die PMP-Kostenfunktion beinhaltet die Schattenpreise aus dem linearen Modellteil $\rho_{i,k}$, die Variable für die Landnutzung \tilde{X} , die Landnutzung im Status Quo x_i^0 und den PMP-Parameter α unter Annahme des Wertes 2 (Feusthuber et al. 2017). Durch Gleichung (2) wird die Summe der Landnutzung auf die verfügbare Ackerfläche je Gemeinde b_i begrenzt. Die Schattenpreise werden mit Hilfe von Gleichung (4) abgeleitet, wobei die modellierte Landnutzung auf den Status Quo fixiert wird.

Nun wird als Politikscenario eine Prämie P_k für den Anbau von Körnerleguminosen (Sojabohnen und sonstige Körnerleguminosen) eingeführt und in Schritten von 20 € je ha auf bis zu 300 € je ha erhöht und die jeweiligen Auswirkungen auf die Landnutzung beobachtet.

Die für die Modellierung benötigten Deckungsbeiträge werden wie in Kapitel 4 beschrieben berechnet. Zahlungen aus der ersten und zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik bleiben unberücksichtigt. Es wird zudem angenommen, dass die Summe der ökologischen Vorrangflächen (ÖVF) und stillgelegten Flächen (z. B. nach der Landespflegerichtlinie) konstant bleibt. Im Hinblick auf die Ausdehnung des Anbaus von Körnerleguminosen müssen zusätzlich bestimmte agronomische Restriktionen eingehalten werden. So sind der Gesamtanteil an Körnerleguminosen sowie der Anteil von Sojabohnen auf Gemeindeebene auf 25% und der Anteil von sonstigen Körnerleguminosen auf 14% an der Ackerfläche begrenzt (Böhm et al. 2020). Ferner wird angenommen, dass Sojabohnen aufgrund der Standortansprüche nicht in allen Gemeinden angebaut werden können. Als Indikator für die Standorteignung wurde aufgrund ähnlicher Standortansprüche das Vorhandensein von Sojabohnen- oder Körnermaisbauflächen im Status Quo betrachtet (Seifried et al. 2015). Auf etwa 12% der Ackerfläche von BW können somit im Modell keine Sojabohnen als Landnutzungsoption gewählt werden.

Anbauumfänge in Abhängigkeit der Prämienhöhe

Abbildung 10 zeigt, wie sich eine potenziellen Prämie für Körnerleguminosen auf die Anbaufläche auswirken würde. Ein Anteil von 10 % wäre mit 82.000 ha bei einer Prämienhöhe von ca. 50 €/ha erreicht. Der Verlauf der Kurve zeigt, dass bis zu einer Prämienhöhe von etwa 60 €/ha ein starker Anstieg unter ökonomischen Gesichtspunkten zu erwarten wäre. Danach müsste die Prämie schon sehr stark ansteigen, um noch eine Anreizfunktion für eine weitere Ausdehnung der Anbaufläche zu erreichen. So müsste eine Prämie von 266 €/ha gezahlt werden, damit der Anbauumfang der Körnerleguminosen auf 15 % ausgedehnt werden würde. Der Anbau von Sojabohnen würde sich aufgrund der besseren Deckungsbeiträge deutlich stärker ausdehnen, als der von Ackerbohnen oder Erbsen. Insgesamt entspricht die Kurve einer Sättigungskurve, d.h. ab einer Prämienhöhe von etwa 100 € je ha steigen die Anbaufläche nur noch marginal und nähert sich einem Grenzwert von etwa 125.000 ha, was etwa 15,4 % der Ackerfläche von Baden-Württemberg entsprechen würde. Eine Übersicht in Tabellenform zu den Anbauumfängen der Körnerleguminosen in Abhängigkeit der Prämienhöhe findet sich in Anhang 1.

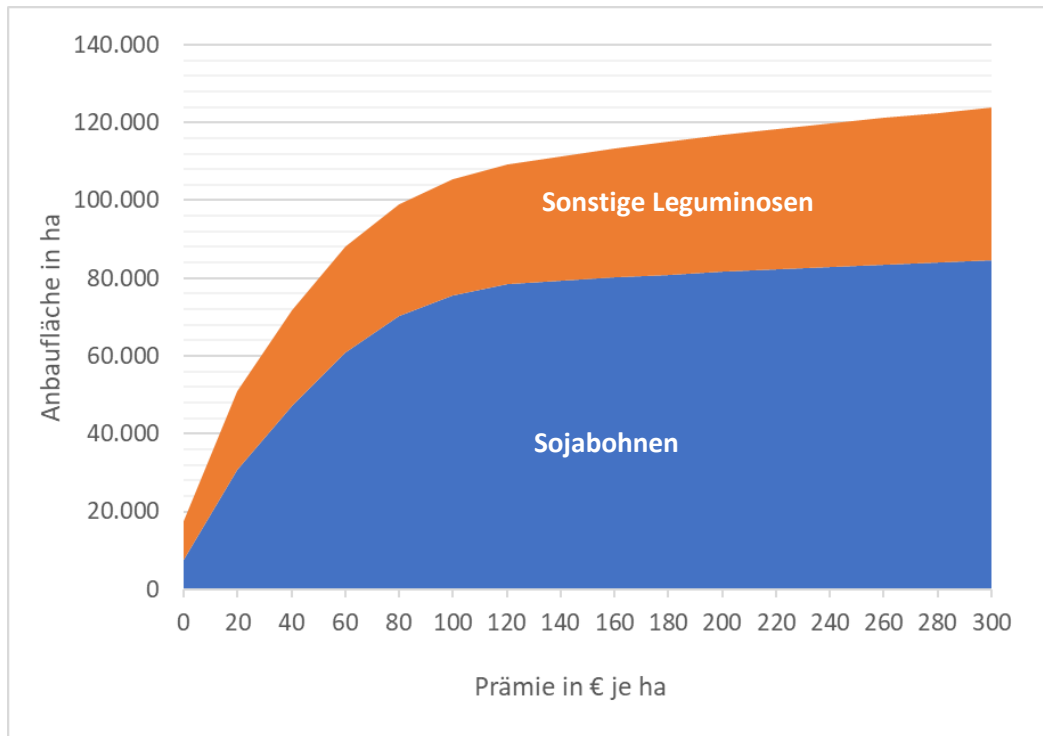


Abbildung 10: Anbaufläche von Körnerleguminosen in Abhängigkeit der Höhe einer potenziellen Flächenprämie

Wie sich eine Ausdehnung der Anbauflächen von Körnerleguminosen auf wichtige andere Anbaukulturen auswirken würde, zeigt Tabelle 8. Hierzu wurden die Ergebnisse bei einer Ausdehnung auf Landesebene von 10 % und 15 % ausgewählt. Ein besonders starker Rückgang wäre bei Ackerfutter, Ölsaaten, Winter- und Sommergetreide zu erwarten. Demgegenüber geht der Anbau von Körnermais, Zuckerrüben und Kartoffeln deutlich geringer zurück. Keinen Einfluss hätte eine Ausdehnung der Körnerleguminosen auf die Anbaufläche von Sonderkulturen aufgrund der damit verbundenen hohen Deckungsbeiträge.

Tabelle 8: Anbauflächen der wichtigsten Kulturen bei einer Ausdehnung der Körnerleguminosen auf 10 % und 15 % der Ackerfläche in Baden-Württemberg

	Status Quo	10 % der AF	15 % der AF	10 % der AF	15 % der AF
	ha	ha	ha	Änderung (%)	Änderung (%)
Körnerleguminosen	17.587	81.129	121.605	361,3	591,4
Sommergetreide	79.907	74.243	70.940	-7,1	-11,2
Wintergetreide	353.734	316.476	292.601	-10,5	-17,3
Körner- und Silomais	192.277	184.810	179.310	-3,9	-6,7
Zuckerrüben	20.514	19.965	19.533	-2,7	-4,8
Kartoffeln	5.398	5.347	5.307	-0,9	-1,7
Ölsaaten	40.341	35.963	33.417	-10,9	-17,2
Ackerfutter	57.183	49.035	44.274	-14,2	-22,6
Sonderkulturen	12.603	12.601	12.598	0,0	0,0
Sonstige	1.291	1.266	1.250	-1,9	-3,2
Brache	29.877	29.877	29.877	0,0	0,0

Die Ausweitung des Anbaus von Körnerleguminosen ist dabei regional sehr unterschiedlich. In Abbildung 11 ist die regionale Verteilung im Status Quo sowie bei der Vorgabe eines Anbaus von Körnerleguminosen von 10 % bzw. 15 % auf Landkreisebene dargestellt. Mit einem Anteil an Körnerleguminosen von mehr als 20 %, dehnen die Landkreise Pforzheim (PF), Reutlingen (RT), Konstanz (KN) und Tuttlingen (TUT) bei der Vorgabe eines Landesanteils von 10 % ihre Anbauflächen stark aus. In diesen Regionen würde also bereits eine Prämie von etwa 50 €/ha ausreichen, um eine erhebliche Ausweitung der Anbaufläche von Körnerleguminosen zu induzieren. Schaut man sich die angebauten Kulturen in der Status Quo Situation an, so ist der Landkreis Pforzheim durch einen hohen Anteil an Wintergetreide und einem geringen Anteil an Hackfrüchten gekennzeichnet. Die Landkreise Reutlingen und Tuttlingen verfügen sowohl über hohe Anbauanteile an Getreide wie auch an Ackerfutter. Deutlich unter einem Anbauanteil von 10 % bleiben Landkreise, die in die Leistungskategorie „hoch“ fallen, einen hohen Anteil an Sonderkulturen und/oder Hackfrüchten haben. Dort sind Körnerleguminosen mit einer Prämie von 50 €/ha noch nicht konkurrenzfähig. Hierzu gehören z. B. die Landkreise Emmendingen (EM), Main-Tauber-Kreis (TBB) oder die Stadtkreise Heidelberg (HD), Freiburg (FR) und Karlsruhe (KA). Beim Ziel eines landesweiten Anteils an Körnerleguminosen von 15 %, der mit einer Prämie von 266 €/ha erreicht werden würde, steigt insbesondere der Anteil in Landkreisen aus der Kategorie der Leistungs-kategorie „gering“, wie z. B. Zollernalb (BL), Neckar-Odenwaldkreis (MOS) oder Heidenheim (HDH) an. An diesen Standorten wäre der Körnerleguminosenanbau also erst mit hohen Prämien konkurrenzfähig.

Hinsichtlich der Prämienhöhe existiert allerdings eine starke Sensitivität in Bezug auf die angenommenen Erträge für Körnerleguminosen. Die Modellrechnungen zeigen, dass bei einer Reduktion der durchschnittlichen Erträge der Körnerleguminosen von fünf bzw. 10 % die Prämien deutlich höher liegen müssten. So würde ein Flächenanteil von 10 % dann erst bei einer Prämie von 101 €/ha (-5 % Ertrag) bzw. 151 €/ha (-10 % Ertrag) erreicht werden (vgl. Anhang 2). Eher risikoaverse Entscheider würden daher wahrscheinlich erst bei Prämien über 100 € je ha in den Anbau von Körnerleguminosen einsteigen.

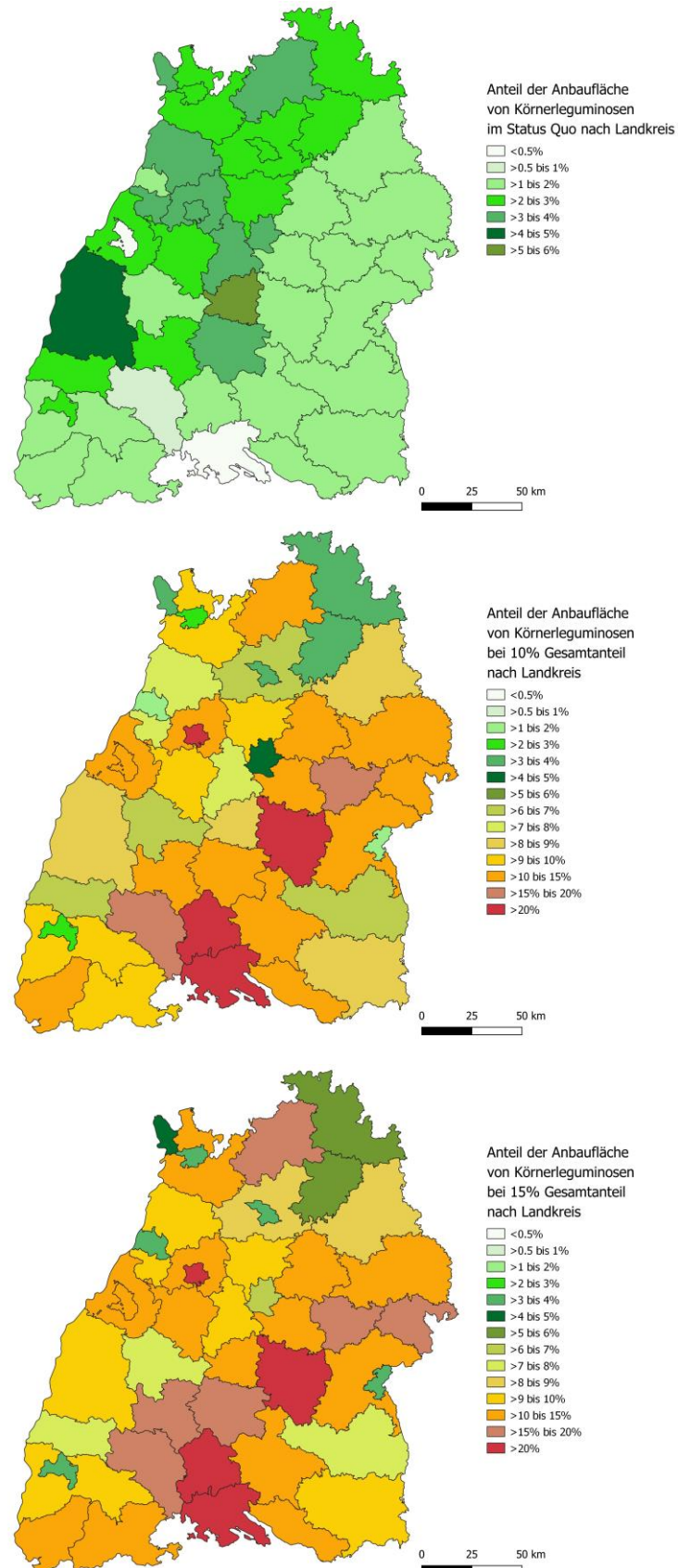


Abbildung 11: Regionale Verteilung der Anbauteile von Körnerleguminosen bei landesweiten Anteilen von 10 % und 15 % sowie in der Status Quo Situation

Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten

In die Berechnung der eingesparten THG-Emissionen fließt zum einen die eingesparte Menge an Stickstoffdünger des Körnerleguminosenanbaus im Vergleich zum durchschnittlichen Bedarf sonstiger konventioneller üblicher Ackerbaukulturen mit ein. Hierfür wird pauschal eine Differenz von 150 kg N/ha angenommen. Für den eingesparten N-Bedarf der Folgekultur wird 30 kg N/ha (vgl. Tabelle 6) angesetzt. Hieraus ergibt sich eine Gesamteinsparung von 180 kg N/ha Körnerleguminosen. Vereinfacht wird angenommen, dass es sich hierbei um Mineraldünger handelt. Die Berechnung der eingesparten direkten und indirekten Lachgasemissionen und der THG-Emissionen aus der Mineraldüngerproduktion erfolgt nach dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK 2016). Für die Einbeziehung des Minderungspotenzials durch den Mehrertrag der Folgekultur wird aus den Daten von Böhm et al. (2020) und Alpmann et al. (2014) ein mittlerer Wert von 9 dt Winterweizen angenommen und mit den zur Produktion dieser Menge verursachten THG-Emissionen berücksichtigt. Hierfür wurde ein Standardwert aus dem Ökobilanzierungsprogramm Ecoinvent für durchschnittliche Produktionsbedingungen in Deutschland verwendet. Hieraus ergibt sich ein Minderungspotenzial je angebautem Hektar Körnerleguminosen von knapp 3 t CO₂-Äq. Die Untergliederung wurde gewählt, da in der THG-Bilanz für Baden-Württemberg nur die Einsparungen der Lachgasemissionen aus den Böden dem Sektor Landwirtschaft angerechnet werden würden. Für eine vollständige Betrachtung des Einsparungseffektes durch den Anbau von Körnerleguminosen, müssten aber alle drei relevanten Minderungsquellen berücksichtigt werden.

Tabelle 9: Minderungspotenzial an Treibhausgasemissionen durch den Anbau von Körnerleguminosen

	Minderungspotenzial kg CO ₂ -Äq./ha Kö.-Leg.
N ₂ O aus Boden (direkt+indirekt)	1138
Produktion N-Dünger	1426
Mehrertrag Winterweizen	380
Summe	2944

Das Minderungspotenzial durch einen verstärkten Anbau von Körnerleguminosen in Baden-Württemberg zeigt Tabelle 10. Bei einer Prämie von 100 €/ha Körnerleguminosen könnten fast 100.000 t CO₂-Äq. eingespart werden. Dies wären bei einer ausschließlichen Anrechnung der Lachgasemissionen aus den Böden immerhin 2,2 % der THG-Emissionen des landwirtschaftlichen Sektors im Jahr 2018 in Baden-Württemberg insgesamt und etwa 6 % der bodenbürtigen Lachgasemissionen. Bezieht man alle Minderungsquellen in die Berechnung mit ein, dann erhöht sich das Einsparungspotenzial des Körnerleguminosenanbaus bei dieser Prämienhöhe auf fast 260.000 t CO₂-Äq. deutlich. Dies wirkt sich dementsprechend auch auf die Vermeidungskosten aus, die sich aus den eingesparten THG-Emissionen und den Prämienzahlungen ergeben. So lägen die Vermeidungskosten bei einer Prämie von 100 €/ha, wenn nur die bodenbürtigen Lachgasemissionen berücksichtigt würden, zwar noch unter der Flächenprämie selbst. Ein Einbezug aller vermiedenen THG-Emissionen senkt die Vermeidungskosten aber deutlich auf 34 €/t CO₂-Äq. Bei der höchsten Prämienzahlung von 300 €/ha könnten bei einem Flächenanteil von etwas mehr als 15 % Körnerleguminosen insgesamt ca. 313.000 t CO₂-Äq. und 121.000 t CO₂-Äq. bodenbürtige Lachgasemissionen eingespart werden. Letztere würden die Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden in Baden-Württemberg um 7,4 % reduzieren, aber auch Prämienzahlungen von knapp 32 Mio. € erfordern.

Tabelle 10: Minderungspotenzial an Treibhausgasemissionen durch den Anbau von Körnerleguminosen in Abhängigkeit einer potenziellen Flächenprämie und die damit verbundenen Vermeidungskosten

Prämie (€/ha Kö.-Leg.)	Anbaufläche Kö.-Leg. (ha)	Minderungspotenzial THGE in t CO ₂ -Äq.				Vermeidungskosten (€/t CO ₂ -Äq.)	
		N ₂ O Boden (direkt+indirekt)	Mineraldünger- herstellung	Mehrertrag Winterweizen	Summe	THGE Sektor Landwirtschaft	THGE gesamt
0	17.587						
20	50.825	37.823	47.384	12.642	97.849	17,6	6,8
40	71.747	61.631	77.210	20.600	159.441	35,2	13,6
60	88.122	80.264	100.555	26.829	207.647	52,7	20,4
80	98.836	92.456	115.829	30.904	239.188	70,3	27,2
100	105.444	99.975	125.249	33.417	258.642	87,9	34,0
120	109.341	104.410	130.805	34.899	270.114	105,5	40,8
140	111.414	106.769	133.760	35.688	276.217	123,0	47,6
160	113.283	108.896	136.424	36.399	281.719	140,6	54,3
180	115.033	110.887	138.919	37.064	286.871	158,2	61,1
200	116.701	112.785	141.297	37.699	291.781	175,8	67,9
220	118.288	114.591	143.559	38.302	296.453	193,3	74,7
240	119.785	116.295	145.693	38.872	300.860	210,9	81,5
260	121.199	117.904	147.709	39.410	305.023	228,5	88,3
280	122.530	119.418	149.607	39.916	308.941	246,1	95,1
300	123.797	120.860	151.413	40.398	312.671	263,6	101,9

Insgesamt zeigen die Zahlen in der Tabelle, dass der Minderungseffekt bei zunehmender Prämienhöhe geringer ausfällt und dadurch die Vermeidungskosten überproportional ansteigen. Diesen Zusammenhang stellt auch Abbildung 4 dar. Bis zu einer Anbaufläche von etwa 80.000 ha an Körnerleguminosen würden die Vermeidungskosten proportional zu den korrespondierenden eingesparten THG-Emissionen steigen. Bei einer weiteren Ausweitung der Anbaufläche in Folge einer höheren Flächenprämie würden die Vermeidungskosten überproportional zur Einsparung ansteigen. Bis zu einer Prämie zwischen 50 und 60 € zeigt sich somit der größte Grenznutzen einer Prämienerrhöhung.

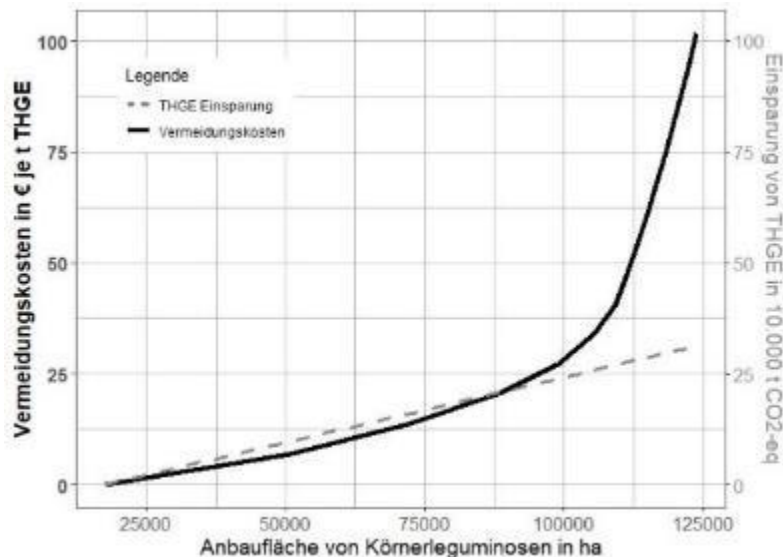


Abbildung 12: Darstellung der Vermeidungskosten in € je t Treibhausgasemissionen und die absolute Einsparung in t Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit der Anbaufläche von Körnerleguminosen

4.3.4 Einordnung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ausweitung des Anbaus von Körnerleguminosen verdeutlichen das große Minderungspotenzial dieser Maßnahme. Neben den Minderungen an THG-Emissionen, die sich aus der potenziellen Einsparung von N-Dünger und den damit verbunden geringeren bodenbürtigen Lachgasemissionen ergeben, kämen noch Minderungseffekte bei der Düngemittelproduktion und durch die Mehrerträge der Folgekultur hinzu. Weitere Effekte des Vorfruchtwertes von Leguminosen durch Einsparungen beim Pflanzenschutz sowie bei der Bodenbearbeitung, wurden dabei nicht berücksichtigt, da die Datengrundlage uns noch zu unsicher erschien, würden aber das Minderungspotenzial noch erhöhen. Ebenso wie die Tatsache, dass der Anbau von Leguminosen im Vergleich zu anderen Ackerkulturen mit einem geringeren Einsatz an Betriebsmittel und Arbeit verbunden ist. Die Vermeidungskosten sind bis zu einer Prämienhöhe von 60 €/ha im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen Minderungsmaßnahmen (WBAE und WBW 2016) mit etwa 52 €/t CO₂-Äq., wenn man nur die eingesparten bodenbürtigen Lachgasemissionen berücksichtigte, vergleichsweise gering. Bezieht man alle bei den Berechnungen erfassten THG-Emissionen mit ein, so sind die Vermeidungskosten bei dieser Prämienhöhe mit etwa 20 €/t CO₂-Äq. sehr gering.

Wie zuvor beschrieben, wirken sich die Annahmen zu den durchschnittlichen Erträgen stark auf die benötigten Prämien für eine Ausweitung der Anbauflächen aus. Hierdurch würden sich natürlich auch die Minderungseffekte verschieben (vgl. Anhang 2).

Neben einer potenziellen Prämie für den Anbau von Leguminosen, kann die Akzeptanz des Anbaus und der Nutzung von einheimischen Eiweißpflanzen durch die Förderung von regionalen Wertschöpfungsketten im Bereich der Futtermittelproduktion gefördert werden.

4.4 Schutz und Regeneration von landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten

Wie bereits in Kapitel 3.4 beschrieben ist der Moorschutz eine wichtige und effiziente Maßnahme, die THG-Emissionen zu senken und deswegen im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (BMU 2019a) oder z. B. auch in der Klimaschutzoffensive von Bayern (StMUV 2019) fest verankert. Nachfolgend soll ein Überblick über die Flächen und die Nutzung der landwirtschaftlichen Moorstandorte und die damit verbundenen THG-Emissionen für Baden-Württemberg aufgezeigt werden und mit vorhandenen anderen Datenquellen und Literatur verglichen werden.

4.4.1 Landwirtschaftlich genutzte Moore in Baden-Württemberg – Beschreibung der gegenwärtigen Situation

Zur Ableitung der Relevanz der landwirtschaftlichen Moornutzung wurden die GA-Daten der Jahre 2016 und 2019 mit der Moorkarte des Daten- und Kartendienst der LUBW verschnitten. Mehr als 25.800 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF) liegen auf Moorstandorten (vgl. Tabelle 11). Ein Vergleich der Zahlen von 2016 und 2019 zeigt, dass die landwirtschaftliche Nutzung insgesamt geringfügig abgenommen hat. Der größte Rückgang, mit mehr als 170 ha, fand in dieser Zeitspanne bei den Ackerflächen statt. Demgegenüber steht ein Zuwachs der Grünlandflächen insgesamt von knapp 150 ha. Da sich die Nutzungsintensität des Grünlands auf die THG-Emissionen der organischen Böden auswirken kann, wurden anhand der GA-Daten extensiver genutzte Flächen ausgewiesen. Hierzu wurden die Flächen mit allen FAKT-Maßnahmen zur „Erhaltung und Pflege der Kulturlandschaft und besonders geschützter Lebensräume im Grünland“ und „Sommerweideprämien“ sowie Flächen, die als „Biotop mit

landwirtschaftlicher Nutzung Dauergrünland/Flächen mit LPR-Extensivierungsvertrag“ beantragt wurden, erfasst. Obwohl damit nicht gewährleistet ist, dass nicht alle dieser Flächen auch extensiv im Sinne einer geringeren Emissionstätigkeit sind (insbesondere im Fall der Sommerweidehaltung), wurde diese Einteilung gewählt, um bei der späteren Bewertung der Moorschutzmaßnahmen, das Minderungspotenzial eher unter- als zu überschätzen.

Die Auswertung zeigt, dass von den knapp 21.000 ha Grünland auf organischen Böden ca. 14,5 % nach dieser Einteilung extensiv genutzt werden. Der Vergleich der Jahre 2016 und 2019 zeigt, dass die extensive Nutzung des Grünlands zugunsten einer Intensivierung zurückging. 245 ha wurden 2019 als Dauerkulturflächen ausgewiesen. Die wichtigsten Kulturen hierbei sind mit ca. 110 ha Hopfen, mit ca. 60 ha Kern- und Steinobst und ca. 50 ha mehrjährige Energiepflanzen.

Zur Validierung der oben genannten Flächennutzung werden die Daten des Emissionsinventars für Treibhausgase aus Landnutzung und Landnutzungsänderung in Deutschland (NIR – LULUCF)²³, die vom Thünen-Institut (TI) ermittelt werden, herangezogen. Die Herleitung der landwirtschaftlichen Flächen auf organischen Böden basiert auf dem Basis-Digitalen LandschaftsModell (B-DLM) des Amtlichen Topographisch Kartographischen InformationSystems (ATKIS®) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder und der Karte für organische Böden Deutschland (Roskopf et al. 2015). Trotz unterschiedlicher Methodik stimmen die Flächendaten des TI gut mit den von uns ermittelten Ergebnissen überein. So geht das Thünen-Institut von knapp 900 ha (+3,5 %) mehr landwirtschaftlich genutzten Flächen auf organischen Böden in Baden-Württemberg aus.

Tabelle 11: Landwirtschaftliche Flächennutzung auf den Moorstandorten in Baden-Württemberg

Flächenkategorie	NIR - LULUCF	Auswertung GA-Daten		Auswertung GA-Daten	
	2018	2016	2019	Veränderung zu 2019	
	ha	ha	ha	ha	%
Ackerfläche	5.041	4.923	4.749	-174,4	-3,5
Dauerkultur	225	239	245	6,0	2,5
Grünland		17.606	17.826	219,7	1,2
Grünland_ext		3.086	3.015	-71,2	-2,3
Grünland_ges	21.466	20.692	20.841	148,4	-1,1
Summe LF	26.732	25.855	25.835	-19,9	-0,1

Die räumliche Verteilung der Acker- und Grünlandflächen sind in Abbildung 13 und Abbildung 14 dargestellt. Hierbei zeigt sich die große Bedeutung landwirtschaftliche genutzte Flächen im Südosten von Baden-Württemberg. Hier liegen die beiden Moorregionen „Donau-Iller-Lech-Platte“ und „Voralpines Hügel- und Moorland“ in denen die Landkreise Biberach, Sigmaringen, Ravensburg und Konstanz verortet sind. Mit knapp 1.200 ha Ackerfläche liegt die größte ackerbaulich genutzte Fläche auf organischen Böden im Landkreis Biberach. Den größten Anteil Ackerland auf organischen Böden am Ackerland insgesamt hat mit 2,9 % der Landkreis Ravensburg (RV) und mit 2,8 % der Landkreis Konstanz (KN).

Mit ca. 7.800 ha Grünland liegt fast 37 % des Grünlandes auf organischen Böden in Baden-Württemberg im Landkreis Ravensburg (RV), davon werden ca. 17 % nach der zuvor beschriebenen Klassifizierung extensiv genutzt. Der größte Anteil von Grünland auf organischen Böden am Grünland insgesamt

²³ Die Daten werden auf Bundesebene veröffentlicht. Herr Andreas Gensior vom Institut für Agrarklimaschutz des TI hat uns freundlicherweise die Daten von 2018 für Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

liegt mit 17 % im Landkreis Sigmaringen (SIG). Hier liegt die extensive Nutzung des Grünlandes auf organischen Böden auch nur bei 9 %. Betrachtet man die landwirtschaftliche genutzte Fläche insgesamt, hat der Landkreis Ravensburg sowohl absolut (8.635 ha) als auch prozentual (10 %) die größte Bedeutung von landwirtschaftlich genutzten Mooren in Baden-Württemberg. Vergleicht man die regionale Verteilung der Moorstandorte, so zeigt sich, dass sie in Regionen mit vergleichsweise hohen N-Bilanzsalden und hoher Viehdichte liegen (vgl. Abbildung 3 und Tabelle 1) liegen.

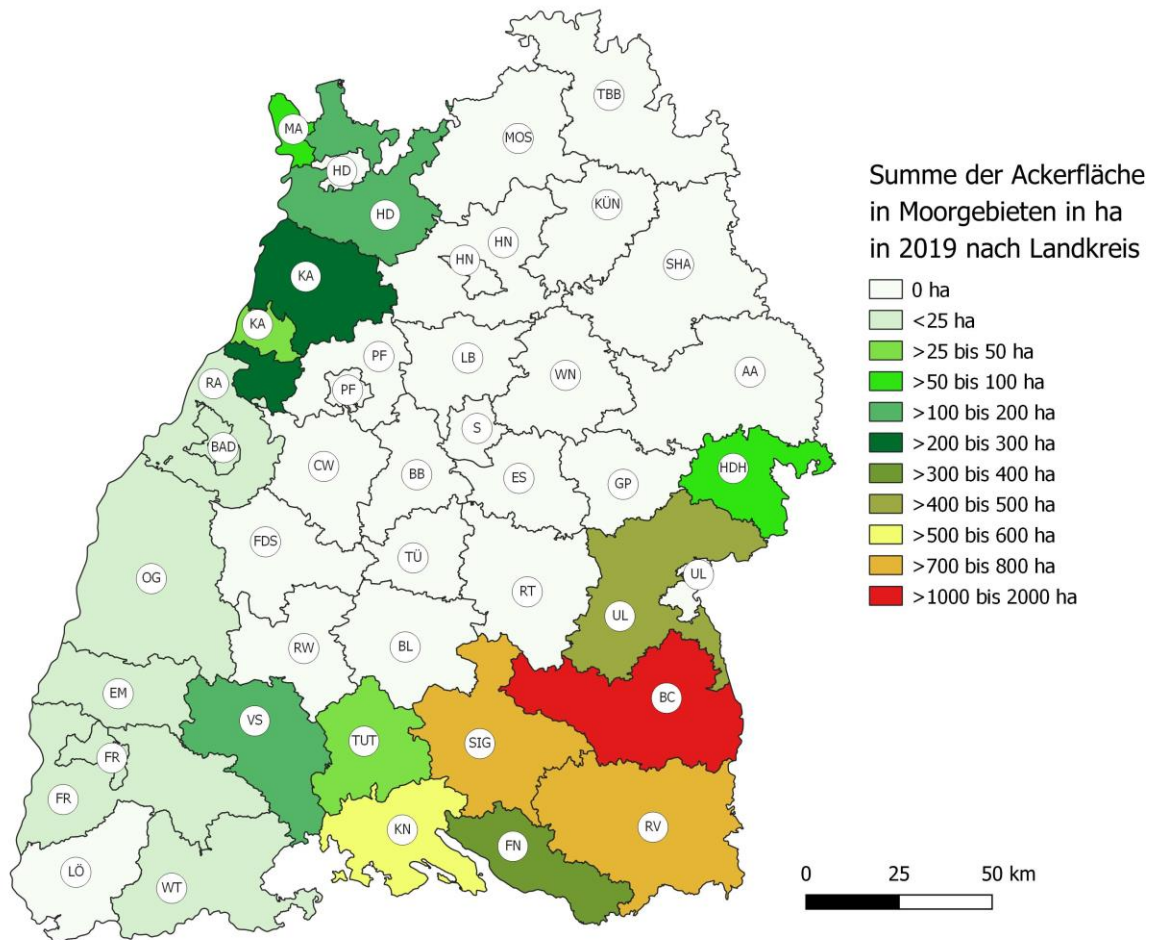


Abbildung 13: Regionale Verteilung der Ackerflächen auf organischen Böden in Baden-Württemberg auf Landkreisebene

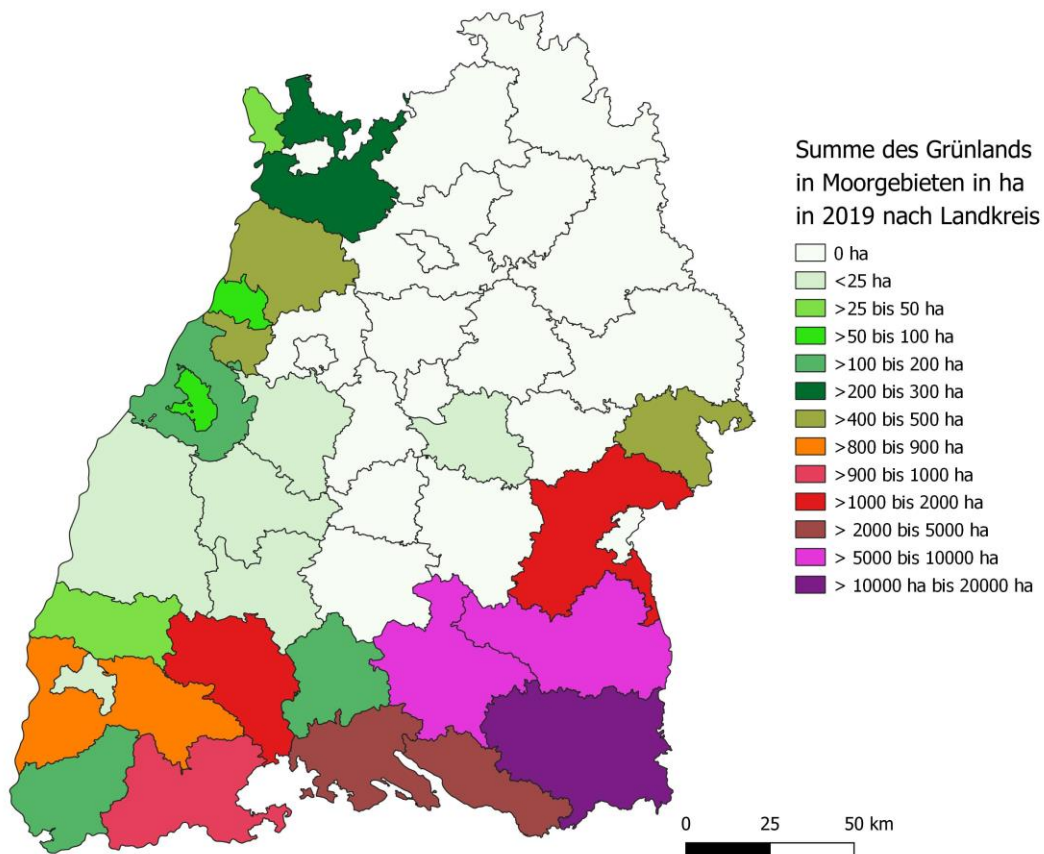


Abbildung 14: Regionale Verteilung der Grünlandflächen auf organischen Böden in Baden-Württemberg auf Landkreisebene

4.4.2 Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten organischen Böden in Baden-Württemberg

Um die Wirkungen und das Minderungspotenzial von den Maßnahmen zum Schutz und Regeneration von Mooren bewerten zu können, werden nachfolgend die durch die landwirtschaftliche Nutzung verursachten THG-Emissionen berechnet. Dafür werden verschiedenen wissenschaftliche Untersuchungen zu Standorten in Baden-Württemberg (Krimly et al. 2014; Streck et al. 2017), aber auch Werte die im Rahmen der nationalen Berichterstattung für den Sektor Landwirtschaft und den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) (Tiemeyer et al. 2016; Tiemeyer 2020; Osterburg et al. 2019) genutzt. Die sich aus den verschiedenen Literaturquellen ergebenden Treibhausgasemissionsfaktoren und ein sich daraus errechneter Mittelwert sind in Tabelle 12 abgebildet. Die Werte zeigen, dass sowohl die Ackernutzung (ca. 40 bis 35 t CO₂-Äq./ha) als auch die intensive Grünlandnutzung auf tief drainierten Standorten (ca. 41 bis 31,7 t CO₂-Äq./ha) mit den höchsten THG-Emissionen verbunden sind. Die Messungen von Streck et al. (2017) auf Niedermoorstandorten im Pfrunger-Burgweiler Ried zeigen bei Grünlandnutzung auf drainierten Böden sogar deutlich höhere Werte als bei der Ackernutzung. Die jährlichen Emissionen nehmen insbesondere mit höherem Wasserstand ab. Die niedrigsten Emissionen landwirtschaftlicher organischer Böden gibt es auf feuchten Standorten unter extensiver Grünlandnutzung. Wiedervernässte landwirtschaftliche Moorstandorte emittieren laut den Messungen zwischen 1 und 7,4 t CO₂-Äq./ha.

Tabelle 12: Treibhausgasemissionsfaktoren für verschiedenen Nutzungsarten und -intensitäten auf Moorstandorten

	Acker	GL intensiv tief drainiert	GL intensiv feucht	GL extensiv drainiert	GL extensiv feucht	Wieder- vernässung
	t CO ₂ -Äq./ha/Jahr					
Tiemeyer et al. 2016	-	36,1	28,8	18,2	-	-
Tiemeyer et al. 2020	40,4	31,7	-	-	-	5,5
Streck et al. 2017	28,0	41,0	-	25,0	-	6,0
Krimly et al. 2014	38,3	34,4	-	18,7	7,0	1,0
Osterburg et al. 2019	34,9	33,5	21,7	-	-	7,4
Mittelwert	35,4	35,3	25,3	20,6	7,0	5,0

Inwieweit sich die verschiedenen Forschungsergebnisse auf die berechneten THG-Emissionen der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden in Baden-Württemberg auswirken, zeigt Tabelle 13. Hierbei fließt die Flächennutzung für das Jahr 2019 aus Tabelle 11 in die Berechnung ein. Bei der extensiven Grünlandnutzung wird von einem drainierten Standort ausgegangen. Je nach verwendeter Literaturquelle liegen die THG-Emissionen zwischen knapp 820 und 940 kt CO₂-Äq. unter den Annahmen der Landnutzung im Jahr 2019. Dabei entstehen die meisten Emissionen durch die Grünlandnutzung der Moorstandorte. Diese machen zwischen 86 % (Streck et al. 2017) und 77 % (Tiemeyer et al. 2020) der gesamten Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten organischen Böden aus. Vergleicht man die hier berechneten Emissionen mit den offiziellen Daten des Nationalen Inventarberichtes aus dem Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft in Deutschland für das Jahr 2018 (NIR – LULUCF 2018, UBA, 2019), so zeigt sich insgesamt eine ganz gute Übereinstimmung, wobei diese Werte etwa 19 % unter den Werten liegen, die sich aus den Emissionsfaktoren von Streck et al (2017) ergeben.

Tabelle 13: Jährliche Treibhausgasemissionen durch die landwirtschaftliche Nutzung der Moorstandorte in Baden-Württemberg

	Tiemeyer et al. 2016	Tiemeyer et al. 2020	Streck et al. 2017	Krimly et al. 2014	Osterburg et al. 2019	NIR - LULUCF 2018
	kt CO ₂ -Äq./ha/Jahr					
Flächenkategorie						
Ackerland	168,1	191,9	133,0	181,9	165,7	186,3
Grünland	643,5	565,1	730,9	613,2	597,2	
Grünland_ext	54,9	62,2	75,4	56,4	62,2	
Grünland_ges	698,4	627,3	806,2	669,6	659,4	575,1
Summe AF+GL	866,5	819,1	939,2	851,5	825,1	761,4

Die THG-Emissionen durch die landwirtschaftliche Nutzung auf organischen Böden in Baden-Württemberg machen nach diesen Berechnungen ca. 20 % der landwirtschaftlich bedingten THG-Emissionen in Baden-Württemberg aus. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass lediglich die Lachgasemissionen der landwirtschaftlich genutzten Böden dem Sektor Landwirtschaft angerechnet werden. Diese betragen, wenn man die Emissionswerte des NIR heranzieht, in Baden-Württemberg nur etwa 7% der landwirtschaftlich bedingten THG-Emissionen der Grünland- und Ackerstandorte auf organischen Böden in Baden-Württemberg.

4.4.3 Minderungspotenzial von Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren und die damit verbundenen Vermeidungskosten

Wie in Tabelle 12 dargestellt, ist die Bewirtschaftungsintensität landwirtschaftlich genutzter organischer Böden mit unterschiedlich hohen THG-Emissionen verknüpft. Die durchschnittlich geringeren Emissionen auf extensiven Grünlandflächen können allerdings nicht eindeutig nur auf die extensive Bewirtschaftung zurückgeführt werden, sondern diese Böden enthalten auch weniger tief entwässerte Standorte. Demgegenüber führt eine dauerhafte Wiedervernässung dieser Flächen aus langfristiger Sicht zur Torferhaltung bzw. -wiederaufbau und hierdurch zu einem hohen THG-Vermeidungspotenzial, aber auch zu einer starken Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung (Osterburg et al. 2019). Neben den sich hieraus ergebenden Einkommensverlusten aus der landwirtschaftlichen Produktion kommt bei der Wiedervernässung ein Wertverlust der betroffenen Fläche hinzu (Mährlein und Jaborg 2015). Nachfolgend sollen zum einen das Minderungspotenzial einer Extensivierung der landwirtschaftlichen Moorflächen berechnet werden. Hierbei wird angenommen, dass sowohl die Ackerflächen als auch die intensiv genutzten Grünlandflächen (vgl. Tabelle 11) nur noch als extensives Grünland genutzt werden, ohne explizit eine Wiedervernässung vorzunehmen. Eine Extensivierung der Grünlandnutzung ist jedoch mit einem höheren Wasserstand vereinbar als eine intensive Nutzung und kann daher mit einer weniger tiefen Entwässerung genutzt werden. Dies wäre mit entsprechend geringeren THG-Emissionen verbunden. Konkrete Aussagen zum Wasserstand können hier bei einer regionalen Betrachtung nicht getroffen werden. Zum anderen wird angenommen, dass die gesamte landwirtschaftliche genutzte Fläche auf organischen Böden in Baden-Württemberg wiedervernässt wird.

Zur Bewertung des Vermeidungspotenzials und den damit verbundenen Vermeidungskosten werden in einem ersten Schritt die Deckungsbeiträge auf den Moorflächen bewertet. Als Datengrundlage für die Flächennutzung dienen die Daten des Gemeinsamen Antrages von 2019. Hieraus wurden auch die flächenbezogenen Prämien durch FAKT und LPR-Maßnahmen abgeleitet. Die Ergebnisse sind Tabelle 14 dargestellt. Auf den ackerbaulich genutzten Moorstandorten werden durchschnittlich Deckungsbeiträge von 640 € je Hektar erwirtschaftet. Auf ca. 16 % (745 ha) dieser Flächen wurden 2019 FAKT-Maßnahmen mit einer durchschnittlichen Prämienhöhe von 148 € je Hektar beantragt. Je nach Bewirtschaftungsintensität macht der durchschnittliche Deckungsbeitrag auf dem Grünland 270 € bis 580 € je Hektar aus. Hinzu kommen auf ca. 6,5 % der Grünlandflächen auf Mooren FAKT-Maßnahmen und auf ca. 8 % LPR-Maßnahmen. Die FAKT-Prämien für Grünland machen laut den GA-Daten von 2019 durchschnittlich 164 € je Hektar aus. Bei den Zahlungsansprüchen durch die Umsetzung der LPR-Maßnahmen wird ein Betrag von 510 € je Hektar angenommen (UM 2016). Insgesamt werden auf den landwirtschaftlich genutzten Mooren fast 14.900.000 € erwirtschaftet.

Tabelle 14: Deckungsbeiträge, FAKT- und LPR-Prämienzahlungen für landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten in Baden-Württemberg

	Flächenbezogen (€/ha)	Gesamtnutzung Moore (€/Jahr)
∅ Deckungsbeitrag (DB) AF	640	2.974.530
∅ Faktprämie AF (745 ha)	148	110.223
∅ DB GL intensiv	580	10.338.911
∅ DB GL extensiv	270	368.550
∅ Faktprämie GL (1365 ha)	164	223.510
∅ Prämie extensives GL LPR (1650 ha)	510	841.519
Jährliche Gesamt DB+Prämien		14.857.244

Zur Berechnung des Minderungspotenzials durch die die Varianten **Extensivierung** und **Wiedervernässung** werden die Emissionsfaktoren von Krimly et al. (2014) und Streck et al. (2017) genutzt, da die beiden Untersuchungen speziell für Moorstandorte in Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Je nach verwendeten Emissionsfaktoren könnten durch eine **Extensivierung** der Acker- und intensiv genutzten Grünlandflächen auf organischen Böden ca. 300 kt und 371 kt CO₂-Äq. eingespart werden. Die Minderungskosten ergeben sich aus den Deckungsbeiträgen der früheren Nutzung (Acker und intensives Grünland) abzüglich der Deckungsbeiträge der neuen Nutzung (extensives Grünland). Hierdurch würden Vermeidungskosten von ca. 20 € bzw. 24 € /t CO₂-Äq. entstehen. Bei der Minderungsmaßnahme **Wiedervernässung** wird angenommen, dass die gesamte landwirtschaftliche genutzte Fläche auf organischen Böden wiedervernässt wird. Lediglich die extensive Grünlandfläche, die in den GA-Daten als Fläche mit LPR-Maßnahmen gekennzeichnet war, wurde nicht berücksichtigt. Hierdurch könnten je nach verwendetem Emissionsfaktor 750 kt und knapp 800 kt CO₂-Äq. vermieden werden. Die hohen Minderungskosten ergeben sich neben den hohen Deckungsbeitragsverlusten durch die Wertminderung der Fläche, die mit einer Wiedervernässung verbunden wäre. Um diese Wertminderung zu berücksichtigen, wurden die Kaufpreise für landwirtschaftlich genutzte Flächen in den fünf Landkreisen mit den höchsten Anteilen an landwirtschaftlich genutzten Mooren erfasst (Statisches Landesamt Baden-Württemberg 2020). Hierdurch ergibt sich ein durchschnittlicher Kaufpreis von ca. 32.000 € je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche, der unter der Annahme einer ewigen Rente bei einem Zinssatz von 2 % zu einem jährlichen Verlust von 640 €/ha umgerechnet werden kann. Anhand dieser Berechnungsgrundlage würden Vermeidungskosten zwischen ca. 37 € bzw. 39 €/t CO₂-Äq. entstehen.

Tabelle 15: Minderungspotenzial und Vermeidungskosten von Moorschutzmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Moorstandorten

	THGE-Minderung	Minderungskosten	Vermeidungskosten
	t CO ₂ -Äq./Jahr	€	€/t CO ₂ -Äq./Jahr
Extensivierung (AF + GL intensiv in GL extensiv)			
Berechnungen nach Krimly et al. (2014)	370.959	7.218.273	19,5
Berechnung nach Streck et al. (2017)	299.154	7.218.273	24,1
Wiedervernässung LF auf Mooren			
Berechnungen nach Krimly et al. (2014)	792.899	29.002.823	36,6
Berechnung nach Streck et al. (2017)	752.084	29.002.823	38,6

Wenn die Minderungskosten z. B. durch Prämien im Rahmen der AUKM ausgeglichen würden, so errechnet sich bei der Moorschutzmaßnahme **Extensivierung** ein Prämienbedarf von 320 €/ha. Berücksichtigt man die bereits gezahlten FAKT-Prämien auf den betroffenen Flurstücken, so reduziert sich der Prämienbedarf auf 315 €/ha. Bei der Moorschutzmaßnahme **Wiedervernässung** würde durch die hohen Einkommensverluste und der Wertminderung ein deutlich höherer Prämienbedarf von 1.210 €/ha entstehen, der unter Berücksichtigung der bisher auf diesen Flächen gezahlten Prämien bei 1.190 €/ha liegen würde. Bei beiden Maßnahmen wird davon ausgegangen, dass die Prämienberechtigung für die Flächenprämie der 1. Säule erhalten bleibt.

4.4.4 Einordnung der Ergebnisse

Im Rahmen der Ermittlung des offiziellen Inventars für landwirtschaftliche THG-Emissionen analog Haenel et al. (2020) werden lediglich die Lachgasemissionen aus organisch genutzten Böden beim Sektor Landwirtschaft erfasst. Methan und Kohlendioxidemissionen aus diesen Standorten werden wie bereits erwähnt dem Bereich LULUCF zugeordnet. Um das Vermeidungspotenzial der Extensivierung und Wiedervernässung bewerten zu können, werden nun alle Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren dem Inventar der Landwirtschaft zugeschrieben (vgl. Tabelle 16). Hierfür werden in einem ersten Schritt die bereits in der THG-Bilanz enthaltenen Lachgasemissionen herausgerechnet und dann die Emissionen aller drei Gasen, die sich aus der Berechnung mit den Faktoren von Krimly et al. (2014) und Streck et al. (2017) ergeben, (vgl. Tabelle 13) zur Bilanz addiert. Anhand der Minderungsmengen in Tabelle 15 lässt sich nun das Minderungspotenzial der jeweiligen Maßnahme berechnen. Dabei zeigt sich, dass bereits eine Extensivierung der landwirtschaftlichen Moornutzung zu einer Senkung von 5,5 % bzw. 7 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen in Baden-Württemberg führen könnte, allerdings nur, wenn dies auch eine weniger tiefe Entwässerung nach sich zieht. Der Effekt einer Wiedervernässung könnte sogar eine Reduktion von fast 15 % bewirken. Diese 15 % werden allerdings in der Praxis nicht zu erreichen sein, da u.a. aufgrund hydrologischer Verhältnisse oder bestehender Infrastruktur nicht alle Moorflächen wiedervernässbar sein werden.

Tabelle 16: Bilanz landwirtschaftliche Treibhausgasemissionen (inkl. aller Treibhausgasemissionen aus Moorstandorten) und Minderungspotenzial der Maßnahmen zum Moorschutz

	THGE gesamt	THGE ohne N ₂ O org. Böden	THGE inkl. Moore (Krimly et al. 2014)	THGE inkl. Moore (Streck et al. 2014)
	t CO ₂ -Äq./ha/Jahr			
Referenz 2018	4466	4417	5318	5405
			Einsparung (%)	
Extensivierung			7,0	5,5
Wiedervernässung			14,9	13,9

Da der Moorschutz im Rahmen des Klimaschutzes eine bedeutende Rolle einnimmt, gibt es vergleichsweise viele Studien zur ökonomischen Wirkung von Moorschutzmaßnahmen anhand derer die hier ermittelten Vermeidungskosten verglichen werden können. Einen sehr ausführlichen Überblick über diese Studien gibt das Gutachten zum Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft des WBAE von 2016. Hieraus ist besonders die Studie von Drösler et al. (2012) zu erwähnen, die viele verschiedenen Moorstandorten in Deutschland untersucht hat. Hierbei wurden Vermeidungskosten zwischen 27 und 107 €/t CO₂-Äq. ermittelt. Für Baden-Württemberg ist insbesondere die Arbeit von Krimly et al. (2016)

relevant. Im Rahmen der modellbasierten Analyse ergaben sich je nach Moorschutzverfahren und Produktionsintensität Vermeidungskosten von 5 und 162 €/t CO₂-Äq., wobei der Durchschnitt bei ca. 30 €/t CO₂-Äq. lag. Die hier errechneten Vermeidungskosten stimmen also gut mit diesen Studien überein.

5 Zusammenfassende Darstellung

5.1 Ausgangslage

5.1.1 Treibhausgasemissionen

In Baden-Württemberg wurden dem Sektor Landwirtschaft im Jahr 2018 rund 6 % der THG-Emissionen des Landes zugeschrieben. Die größte Quellgruppe sind die Methanemissionen aus der Verdauungstätigkeit von Wiederkäuern, gefolgt von düngungsinduzierten Lachgasemissionen aus den Böden (siehe Kapitel 1.2). Die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft nahmen seit 1990 ab, stagnieren aber seit etwa 15 Jahren weitgehend.

Nicht erfasst werden in diesem Anteil Emissionen aufgrund von Landnutzungsänderungen und CO₂-Emissionen u.a. aufgrund der Nutzung entwässerter organischer Böden sowie Emissionen durch die Nutzung fossiler Energien und aufgrund diverser Vorleistungen (u.a. energieintensiv erzeugter Mineraldünger). Ebenfalls werden nur Emissionen angerechnet, die in Deutschland entstehen, nicht jedoch Emissionen, die beispielsweise durch Anbau und Import von Futtermitteln entstehen.

Vor dem Hintergrund der Klimakrise besteht dringender Handlungsbedarf. Es müssen alle Sektoren zur Minderung von THG beitragen und dazu sämtliche Optionen geprüft werden.

5.1.2 Grundsätzliche Ansatzpunkte für Klimaschutzmaßnahmen im Zusammenhang mit der Landwirtschaft

Potenziale zur Senkung der THG-Emissionen im Zusammenhang mit der Landwirtschaft bestehen insbesondere in der Verminderung von Lachgasemissionen und dort in erster Linie von Emissionen aus Böden. Diese hängen direkt mit der Stickstoffdüngung und Stickstoffüberschüssen zusammen. Über einen effizienten Umgang mit Stickstoff (einschließlich des verstärkten Anbaus von Leguminosen) kann darüber hinaus der Gebrauch an N-Mineraldünger verringert werden, dessen Herstellung viel Energie benötigt. Eine Senkung der Stickstoffüberschüsse und eine Verringerung von Stickstoffverlusten beginnt bereits mit einer angepassten Fütterung und ggf. Luftfiltern in Ställen, umfasst eine verlustarme Lagerung, Behandlung und Ausbringung von Düngemitteln und eine Düngeplanung und Fruchtfolgegestaltung, in der Nährstoffe effizient eingesetzt und verwertet werden (vergleiche auch Kapitel 3.1 und 3.2).

Eine weitere bedeutende Treibhausgasquelle sind Methanemissionen direkt aus der Wiederkäuerhaltung und dem Wirtschaftsdüngermanagement. Eine Reduktion des Viehbestandes verringert diese Emissionen effektiv, allerdings nur, wenn tatsächlich entsprechend weniger tierische Lebensmittel nachgefragt werden. Zusätzlich würde durch eine Abstockung Fläche freiwerden, die ansonsten für die Erzeugung von Futtermitteln benötigt wird (siehe auch Einführung zu Kapitel 3.2 sowie Kapitel 4.2). Eine gasdichte Lagerung von Gülle und Gärresten reduziert ebenfalls die dabei entstehenden Methanemissionen (siehe Kapitel 3.2.1). Ein weiterer Ansatz ist die Optimierung der Fütterung, der jedoch physiologische Grenzen gesetzt sind (siehe Einführung zu Kapitel 3.2). Produktbezogene THG-Emissionen werden auch durch höhere Tierleistungen reduziert. Allerdings ist die THG-Bilanz abhängig von den berücksichtigten Systemgrenzen. So erfordern beispielweise sehr hohen Milchleistungen einen hohen Kraftfuttereinsatz, dessen Produktion wiederum mit THG-Emissionen verbunden ist. Eine

grundfutterbasierte Fütterung hingegen erhöht die Wertschöpfung des Grünlands und von mehrjährigem Feldfutterbau und hat Synergien bezüglich Kohlenstoffspeicherung im Boden (siehe Kapitel 3.2.3). Selbstverständlich ist auch die Verringerung von Lebensmittelabfällen ein Beitrag zum Klimaschutz.

Im Bereich Landnutzung besteht ein großes Potenzial zur Verminderung von THG-Emissionen im Schutz organischer Böden, primär durch eine Erhöhung des Wasserstandes bis hin zur Vollvernässung (siehe Kapitel 3.6 und 4.4). Durch einen Verzicht auf Grünlandumbruch werden ebenfalls im Boden vorhandenen Vorräte an Kohlenstoff geschont (siehe Kapitel 3.3.2). Der Schutz von bestehendem Grünland hat Vorrang vor einer Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland. Diese führt ebenfalls zu einer Humusanreicherung, die allerdings langsamer verläuft als der Abbau bei einem Umbruch.

Organische Düngung und die Einarbeitung von Ernteresten, ganzjährige Begrünung und ein verstärkter Anbau humusmehrender Kulturen tragen zur Erhaltung oder Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes in Ackerböden bei. Die positive Klimawirkung ist allerdings schwer zu quantifizieren, abhängig von den Standortbedingungen und auf kontinuierliche Anwendung der ergriffenen Maßnahmen angewiesen (siehe Kapitel 3.3.1). Durch Agroforstsysteme, Aufforstung und das Pflanzen von Hecken und Feldgehölzen in der Agrarlandschaft können vergleichsweise permanente Strukturen zur Speicherung von Kohlenstoff geschaffen werden (siehe Kapitel 3.3.3). Eine langfristige Speicherung von Kohlenstoff ermöglicht die Herstellung von Pflanzenkohle und deren Anwendung auch in der Landwirtschaft (siehe Einführung zu Kapitel 3.3).

Landwirtschaftlich genutzte Flächen können zur Erzeugung erneuerbarer Energien über Photovoltaik oder Biomasse genutzt werden, die fossile Energieträger ersetzen können. Der Bedarf an Fläche und Produktionsmitteln muss bei der Klimawirkung aber berücksichtigt werden. So ermöglicht beispielsweise Agri-PV eine Doppelnutzung von Flächen, also Energiegewinnung bei gleichzeitiger Agrarproduktion. Einsparung von Kraftstoff sowie von Energie zur Erzeugung von Wärme und Strom für den landwirtschaftlichen Betrieb dient ebenfalls dem Klimaschutz (siehe Kapitel 3.7). Die entstehende THG-Minderung wird im Fall der Energieerzeugung und -nutzung allerdings nicht dem Sektor Landwirtschaft zugerechnet.

Grundsätzlich gilt es, Fläche und Biomasse effizient zu nutzen. Dies bedeutet, Koppel-, Kaskaden- und Kreislaufnutzungskonzepte zu priorisieren. Die energetische Nutzung von Biomasse sollte dabei grundsätzlich erst am Ende einer möglichst mehrfachen stofflichen Nutzung stehen (siehe auch Einführung zu Kapitel 3).

Wirksame Klimaschutzmaßnahmen müssen möglichst dauerhafte Emissionsminderungen bzw. Festlegung von Kohlenstoff bewirken und Emissionen nicht einfach verlagern (*Leakage*) (siehe Kapitel 2.1 und 2.2). Synergien im Bereich Umwelt- und Tierschutz, Biodiversität, Klimaanpassung einschließlich Ernährungssicherheit sollten bewusst genutzt werden. So können auch Maßnahmen von Relevanz sein, bei denen Klimaschutz nicht zwingend die Hauptwirkung darstellt. Der Blick sollte über die engen Berichts- und Anrechnungsmodalitäten und über die nationale Zuordnung von Emissionen hinausgehen und Maßnahmen dort ergriffen werden, wo Einflussmöglichkeiten bestehen.

In Kapitel 3 wurden jene Ansatzpunkte und Maßnahmen für Klimaschutz im Zusammenhang mit der Landwirtschaft charakterisiert, die grundsätzlich über landwirtschaftliche Förderprogramme der 2. Säule der GAP unterstützt werden können. Literaturhinweise finden sich dort.

5.1.3 Instrumente für den Klimaschutz

Der Beitrag über freiwillige Fördermaßnahmen des MEPL III zur Reduktion von THG-Emissionen kann bisher als gering betrachtet werden. Unter anderem, weil es neben diesen Maßnahmen weitere Steuerungsmöglichkeiten gibt, z. B. im Ordnungsrecht oder über die Energiepolitik, aber auch, weil Klimaschutz in den angebotenen Maßnahmen, wenn überhaupt, meist als Sekundärwirkung betrachtet wurde. Die anstehende neue Förderperiode der GAP bietet die Chance, die Klimawirkung des Programms zu verstärken.

Die Maßnahmen der 2. Säule der GAP ordnen sich dabei ein in eine Vielzahl an Instrumenten, über die Klimaschutz in und mit der Landwirtschaft vorangetrieben werden kann (siehe Kapitel 2.5). Sie müssen abgestimmt werden mit den Maßnahmen der 1. Säule, dem Ordnungsrecht und Maßnahmen aus anderen Politikbereichen, wie z. B. der Energiepolitik. So sind ordnungsrechtliche Vorgaben besonders relevant u.a. im Bereich der Düngung und dem Umgang mit Wirtschaftsdünger, der Tierhaltung, der Energieeffizienz oder dem Erhalt von Dauergrünland. Ordnungsrechtliche Vorgaben können auch als „Backstopregelungen“ (Rückfalloption) dienen und perspektivisch Verbote oder Verpflichtungen (z. B. ab einem bestimmten Jahr) festlegen. Das Förderrecht kann in diesem Zeitraum ggf. erforderliche Umstellungen unterstützen. Vorbereitend und/oder flankierend zu Flächen- und investiven Fördermaßnahmen wirken außerdem Forschung und Pilotprojekte, Planung und Kooperation, ebenso Maßnahmen, die über Beratung und Bildung Wissensdefizite beheben. Langfristig konsequent sind Ansätze, die THG-Emissionen bepreisen.

Grundsätzlich müssen diese Instrumente zusammengedacht und Maßnahmen Teil einer langfristigen Strategie sein. Klare Zielsetzungen, Ankündigungen „wohin die Reise geht“ und welche Zukunftsperspektiven bestehen sind wichtig, damit sich Landwirtinnen und Landwirte orientieren und mit Weitblick entsprechende Entscheidungen treffen können.

5.2 Synopse – Zusammenfassende Bewertung der ausgewählten Maßnahmen

Nachfolgend sollen die in Kapitel 4 betrachteten Minderungsmaßnahmen vergleichend beurteilt und zusammenfassend bewertet werden. Bei der Einordnung sowohl der Minderungspotenziale, als auch der Vermeidungskosten ist zu beachten, dass in ihre Berechnung auf Ebene des Landes durchschnittliche Werte eingeflossen sind. Sie sollen in diesem Zusammenhang Hinweise zu Größen- und Einordnungen der verschiedenen Maßnahmen geben, können aber nur bedingt regional differenzierte Standort- und Bewirtschaftungseigenschaften widerspiegeln.

Bei den Berechnungen wurde weitestgehend versucht, sowohl das Minderungspotenzial der THG-Emissionen, die auch im Rahmen der nationalen Berichterstattung dem Sektor Landwirtschaft angerechnet werden würden, zu erfassen (Haenel et al. 2020), als auch die durch die Landwirtschaft induzierten THG-Emissionen, die dann bei einem anderen Sektor angerechnet werden würden. Hierzu zählen die THG-Emissionen, die z. B. durch die Reduktion des Einsatzes von Mineraldünger beim Industriesektor berücksichtigt würden. In der Zusammenfassung der Berechnungen in Tabelle 17 werden alle Minderungen an THG-Emissionen durch die Moorschutzmaßnahmen dem Sektor Landwirtschaft zugewiesen. Strenggenommen würden lediglich die Lachgasemissionen dem Sektor Landwirtschaft zugeschrieben und die Methan- und Kohlendioxidemissionen dem Sektor LULUCF. Da diese zwei Sektoren bei der Bewertung der THG-Emissionen aus den landwirtschaftlichen genutzten organischen Böden so eng zusammenhängen, ist es aus unserer Sicht nicht sinnvoll die Minderungseffekte getrennt

voneinander auszuwerten. Dementsprechend werden dann auch alle THG-Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten Mooren dem Sektor Landwirtschaft zugeschrieben. Hierdurch errechnen sich THG-Emissionen für die Landwirtschaft in BW von 5.318 kt CO₂-Äq. insgesamt, die um etwa 20 % höher sind als die Kapitel 1.2 ausgewiesenen Sektor-Emissionen.

Die beiden Maßnahmen mit dem größten Potenzial zur Senkung der THG-Emissionen sind laut unseren Berechnungen die Reduzierung der Tierbestände und der Moorschutz. Dabei hätte die Extensivierung der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden in etwa das gleiche Vermeidungspotenzial wie eine Senkung der Tierbestände um 10 %. Wenn eine Extensivierung keine Erhöhung des Wasserstandes nach sich zieht, dürfte der Effekt in Realität jedoch geringer ausfallen. Die Bewirtschaftung extensiv genutzter Flächen ist allerdings weniger auf durchgängig tiefe Entwässerung als bei Ackerflächen oder Intensivgrünland angewiesen, so dass sich hier auch ohne explizite Wiedervernässung Optionen für zumindest temporär moderat erhöhte Wasserstände ergeben können. Bereits ab Wasserständen von höchstens 20 cm unter Flur ist im Vergleich zu einer traditionellen landwirtschaftlichen Nutzung bereits eine deutliche Klimaschutzwirkung möglich. Ein Verzicht auf Grünlandumbruch oder auf Vertiefung der Entwässerung verhindert außerdem eine weitere Erhöhung der THG-Emissionen.

Schlüsselmaßnahme für Klimaschutz ist auf Moorböden die Anhebung des Wasserstandes auf entwässerten Standorten. Das Minderungspotenzial der Wiedervernässung der Moorflächen läge so etwa auf dem Niveau bei einer Reduzierung der Tierbestände zwischen 20 und 30 %. Dabei würden die Vermeidungskosten durch den Moorschutz deutlich geringer ausfallen. Es bleibt aber festzuhalten, dass bei der Reduzierung der Tierhaltung nur die THG-Emissionen berücksichtigt wurden, die auch im Rahmen der nationalen Berichterstattung dem Sektor Landwirtschaft in Baden-Württemberg angerechnet würden. Bei einem Einbezug aller relevanten THG-Emissionen durch die Tierhaltung, wie z. B. durch importierte Futtermittel, würde das Minderungspotenzial deutlich höher ausfallen. Die Höhe der Einkommensrückgänge durch eine Reduzierung der Tierbestände verdeutlichen das Konfliktpotenzial, das sich durch Maßnahmen in diesem Bereich ergeben würden. Sie müssten weitestgehend durch staatliche Transferleistungen oder gerechter Preise für tierische Produkte ausgeglichen werden.

Bei den vergleichsweise niedrigen Vermeidungskosten im Moorschutzes darf nicht vergessen werden, dass der Anteil an Moorflächen an der Betriebsfläche in den Moorregionen in Baden-Württemberg sehr verschieden sein kann (vgl. Krimly et al. 2016). Hierdurch würde sich eine unterschiedliche Betroffenheit hinsichtlich der Moorschutzmaßnahmen ergeben, die möglicherweise die bisherige Nutzungsform der Fläche unmöglich machen würde. Dies ist umso relevanter, als dass es sich bei den Landkreisen mit hohen Flächenanteilen an organischen Böden um typische Futterbauregionen mit hoher Nutzungsintensität des Grünlands und hoher Viehbesatzdichte handelt. Das zeigt auch ein Vergleich der Karte zur regionalen Verteilung der Grünlandflächen auf organischen Böden (Abbildung 14) und die Karte mit den regionalen N-Hoftorsalden (vgl. Abbildung 3).

Die Nutzung nassliebender Pflanzen auf Flächen mit hohen Wasserständen („Paludikulturen“) kann zukünftig auch Einkommensmöglichkeiten auf vernässten Standorten erbringen. Die Entwicklung wirtschaftlicher Verwertungs- und Vermarktungswege für Erzeugnisse aus Paludikulturen steht allerdings größtenteils noch aus und es besteht weiterhin Forschungsbedarf bezüglich Anbau, Technik und Umweltwirkungen. Möglicherweise könnte im Rahmen der Bioökonomiestrategie des Landes Synergien aufgebaut werden.

Tabelle 17: Einordnung des Minderungspotenzials landwirtschaftlicher Treibhausgasemissionen von ausgewählten Maßnahmen und der damit verbundenen Vermeidungskosten

Kapitel	THGE-Minderungspotenzial (t CO ₂ -Äq.)		Vermeidungskosten €/t CO ₂ -Äq.	
	Zurechenbarkeit Sektor Landwirtschaft BW (A)	Erweiterte Betrachtung (B)	A	B
4.1 Senkung der N-Überschüsse	133.788	301.397	158	70
4.2 Reduzierung der Tierbestände	320.000-961.000	-	271	-
4.3 Ausweitung Körnerleguminosen				
auf ca. 10% der AF	80.200	208.000	53	27
auf ca. 15% der AF	120.000	309.000	246	102
4.4 Moorschutz				
Extensivierung	300.000-371.000			20-24
Wiedervernässung	752.000-792.000			37-39

Auch die Berechnungen zur Senkung der Stickstoffüberschüsse zeigen ein vergleichsweise hohes Minderungspotenzial. So würde die Senkung der Hoftorbilanz in den Vergleichsgebieten in Baden-Württemberg, die über dem angestrebten Wert von 70 kg N/ha LF liegen, zu einer Minderung der direkten und indirekten Lachgasemissionen von mehr als 8 % führen. Bezogen auf den gesamten Einsparungseffekt könnten mehr als 300 kt CO₂-Äq. pro Jahr eingespart werden. Da i.d.R. die Vergleichsgebiete mit einer hohen Viehdichte auch hohe N-Salden aufweisen, ist somit ein wichtiges Ziel für den Klimaschutz in Baden-Württemberg zu umweltverträglichen Viehbesatzdichten zu kommen. Dies verdeutlichen auch die Ergebnisse in Tabelle 2. So liegt 40 % des Gesamteinsparpotenzials von Baden-Württemberg im Vergleichsgebiet 11 „Oberland“. Eine Futterbauregion mit intensiver Grünlandnutzung und einem hohen Anteil an landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Zur Berechnung der Vermeidungskosten der N-Reduzierung wurden Werte aus Osterburg et al. (2019) genutzt. Bei einer ausschließlichen Berücksichtigung der dem Sektor Landwirtschaft zurechenbaren THG-Emissionen fallen die Minderungskosten mit knapp 160 t/CO₂-Äq. vergleichsweise hoch aus. Ein Einbezug aller relevanten THG-Emissionen mindert diese Kosten aber deutlich.

Die modellbasierten Berechnungen zur Ausdehnung der Anbauflächen von Körnerleguminosen haben gezeigt, dass mit vergleichsweise niedrigen zusätzlichen Prämien für die Eiweißpflanzen schon eine beachtliche Ausdehnung erreicht werden könnte. So könnte unter den getroffenen Modellannahmen ein Anteil von 10 % (ca. 82.000 ha) bei einer Prämienhöhe von ca. 50 €/ha Körnerleguminosen erreicht werden. Der Verlauf der Ergebniskurve zeigt, dass bis zu einer Prämienhöhe von etwa 60 €/ha ein starker Anstieg unter ökonomischen Gesichtspunkten zu erwarten wäre (Abbildung 12). Danach müsste die Prämie schon sehr stark ansteigen, um noch eine Anreizfunktion für eine weitere Ausdehnung der Anbaufläche zu erreichen. So müsste eine Prämie von 266 €/ha gezahlt werden, damit der Anbauumfang der Körnerleguminosen auf 15 % ausgedehnt werden würde.

Summiert man nun das Minderungspotenzial der jeweils nicht ganz so ambitionierten Ausprägung der Maßnahmen, d.h. Senkung Stickstoffüberschüsse, Reduzierung der Tierbestände um 10 %, Ausweitung der Körnerleguminosen auf 10 % der AF und Extensivierung der landwirtschaftlichen Moorflächen, so könnten die THG-Emissionen jährlich um ca. 620 kt CO₂-Äq. gesenkt werden. Dies macht gegenüber der THG-Emissionen in 2018 eine Reduktion von 12 % aus. Das Minderungspotenzial der ambitionierteren Maßnahmen, d.h. Senkung Stickstoffüberschüsse, Reduzierung der Tierbestände um 30 %, Ausweitung der Körnerleguminosen auf 15 % der AF und Wiedervernässung der landwirtschaftlichen Moorflächen, läge bei ca. 2.000 kt CO₂-Äq. Dies wäre bezogen auf Menge an THG-Emissionen in 2018

eine Reduktion von 38 %. Sie wären unter den derzeitigen Rahmenbedingungen der Landwirtschaft aber auch mit vielfach unzumutbaren Einkommenseinbußen verbunden.

Alle Minderungsmaßnahmen sind nur dann wirksam und sinnvoll, wenn sie die THG-Emissionen aus Baden-Württemberg nicht in andere Regionen/Länder verlagern (Leakage-Effekte). So wäre die Reduzierung der Tierbestände in Baden-Württemberg bei unverändertem Konsum von Fleisch- und Milchprodukten kaum sinnvoll. Leakage-Effekte wären bei den Moorschutzmaßnahmen, Reduzierung der Stickstoffüberschüsse und einer moderaten Ausweitung der Anbaufläche der Leguminosen am wenigsten zu erwarten. Wenn die Ausweitung des Anbaus von Körnerleguminosen gleichzeitig mit dem Ausbau regionaler Wertschöpfungsketten im Bereich der Futtermittelproduktion und Vermarktung gekoppelt ist, lassen sich positive Effekte für das Klima mit einer höheren Wertschöpfung in Baden-Württemberg verknüpfen.

Zu Beginn der Studie war eigentlich geplant, auch Minderungseffekte für eine Ausweitung des ökologischen Landbaus zu berechnen. Bei der Auswertung der GA-Daten und relevanten Literaturquellen zeigte sich bald, dass hierzu keine sinnvollen Berechnungen gemacht werden können. Zu verschiedenen sind die Ausgangs- und Motivationsbedingungen für potenzielle Umstellungspfade. Geht man von der gegenwärtigen regionalen Verteilung der ökologisch bewirtschafteten Flächen in Baden-Württemberg aus, so ist der Anteil der ökologisch bewirtschafteten LF in extensiven Futterbauregionen, wie z. B. im Landkreis Waldshut, Enzkreis, Breisgau-Hochschwarzwald oder der Zollernalbkreis besonders hoch (Anhang 3). Da diese Betriebe i.d.R. auch vor ihrer Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweise vergleichsweise extensiv gewirtschaftet haben, d.h. geringerer Viehbesatz, Futterbasis auf wirtschaftseigenen Futter, ist das Minderungspotenzial durch die Umstellung als eher gering einzuschätzen.

Die Minderungsmaßnahmen, die unter Kapitel 4 berechnet wurden, zeigten sich bei der Auswertung der GA-Daten für die ökologischen Betriebe quasi als systemimmanent. So liegt der Anteil an Körnerleguminosen auf ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen bei fast 10 % und von Futterleguminosen bei fast 30 % (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Anbauflächen und Anteile von Leguminosen auf ökologisch und konventionell bewirtschafteten Ackerflächen in Baden-Württemberg

	Anbauflächen (ha)		
	Ökologisch	Konventionell	Gesamt
Körnerleguminosen	6.120	11.505	17.625
Futterleguminosen	18.002	27.135	45.137
Ackerfläche gesamt	62.704	748.007	810.711
	Anteil an jeweiliger AF (%)		
Körnerleguminosen	9,8	1,5	2,2
Futterleguminosen	28,7	3,6	5,6

Allgemeine Aussagen zur Tierbesatzdichte der ökologisch wirtschaftenden Betriebe in Baden-Württemberg zu finden ist schwierig. Die Auswertung von Buchführungsdaten der LEL zu ökologischen und konventionellen Futterbaubetrieben gibt aber Anhaltspunkte (LEL 2021). Hierbei wurden durchschnittliche konventionelle und ökologische Futterbaubetriebe anhand ihrer Milchviehbestände gruppiert (bis 50 Kühe und ab 50 Kühe) und verglichen (vgl. Tabelle 19). Dabei zeigt sich, dass die ökologischen Futterbaubetriebe in ihrer jeweiligen Vergleichsgruppe einen deutlich geringeren Viehbesatz haben. Bei der Milchleistung gibt es bei den Futterbaubetrieben bis 50 Milchkühen kaum einen Unterschied

zwischen den ökologischen und konventionellen Futterbaubetrieben. Demgegenüber haben die konventionellen Futterbaubetriebe in der Gruppe ab 50 Milchkühe eine um ca. 2.000 kg höhere Milchleistung je Kuh und Jahr. In Bezug auf den flächenbezogenen Deckungsbeitrag fällt die Gruppe der kleineren konventionellen Futterbaubetriebe aus dem Rahmen und liegt mit knapp 1.260 €/ha LF deutlich unter dem der anderen Betriebsgruppen.

Tabelle 19: Vergleich des Tierbesatzes, der Milchleistung und der flächenbezogenen Deckungsbeiträge von ökologischen und konventionellen Futterbaubetrieben in Baden-Württemberg

		Futterbaubetriebe			
		bis 50 Milchkühe		ab 50 Milchkühe	
		Ökologisch	Konventionell	Ökologisch	Konventionell
Besatz Rinder gesamt	VE/100 ha LF	85,9	122,5	116,8	156,8
Milchleistung	kg/Kuh	5.974	5.922	6.467	8.497
Gesamtdeckungsbeitrag	€/ha LF	2.137	1.257	2.198	2.062

Quelle: LEL (2021)

Systembedingt verursachen die Betriebe des ökologischen Landbaus auf Betriebsebene deutlich geringere THG-Emissionen durch den Einsatz von Betriebsmitteln. Eine Auswertung der LEL (2019) zeigt sowohl für Ackerbau-, Milchvieh- und sonstige Futterbaubetriebe einen deutlich geringeren Einsatz im Bereich der zugekauften Dünge-, Pflanzenschutz- und Futtermittel. Hierdurch ergibt sich aber z. B. bei den bewerteten Ackerbaubetrieben ein 2,3-fach so hoher Personalaufwand. Während die Unterschiede der durchschnittlichen ökologischen und konventionellen Milchviehbetriebe in Baden-Württemberg hinsichtlich Milchleistung und Größenstruktur vergleichsweise gering ist, so unterscheiden sich die von der LEL ausgewerteten konventionellen und ökologischen Ackerbaubetriebe doch deutlich. So ist zwar die durchschnittliche Betriebsgröße mit etwa 150 ha LF fast gleich, aber die Ertragsunterschiede sind doch sehr groß. So liegt der durchschnittliche Weizenertrag der ökologischen Ackerbaubetriebe bei etwa 40 %, der Ertrag der Kartoffeln bei etwa 50 % im Vergleich zu konventionellen Ackerbaubetrieben. Diese Ertragsunterschiede werden durch einen etwas mehr als 2,6-fachen Preis für den ökologisch produzierten Weizen und 4-fachen Preis für Kartoffeln ausgeglichen. Aber diese Relationen verdeutlichen, dass bei nicht verändertem Ernährungs- und Verbrauchsverhalten durch die Ausdehnung des ökologischen Landbaus in Baden-Württemberg eine Verlagerung von THG-Emissionen entstehen würden.

Ob und in welchem Maße durch eine Ausweitung des ökologischen Landbaus THG-Emissionen gemindert werden können, hängt also insbesondere von der Bewirtschaftungsintensität vor der Umstellungsphase und dem zukünftigen Ernährungsverhalten der Bevölkerung ab.

Neue wissenschaftliche Erkenntnis zur Stärkung des ökologischen Landbaus in Baden-Württemberg ist sicherlich durch das Forschungsprogramm Ökologischer Landbau zu erwarten (<https://oekolandbau-forschung-bw.uni-hohenheim.de>). Ein Projekt beschäftigt sich mit dem Thema ökologischer Landbau im Kontext gesellschaftlicher, ökonomischer und ökologischer Transformationsprozesse in Baden-Württemberg.

Die Ergebnisse insgesamt verdeutlichen, dass eine an den Nährstoffkreislauf angepasste Wirtschaftsweise, sowohl die landwirtschaftlichen THG-Emissionen als weitere Umweltwirkungen der Landwirtschaft mindern kann.

5.3 Empfehlungen zu klimarelevanten Fördermaßnahmen in der 2. Säule der GAP

Im Folgenden werden zu den in Kapitel 3 charakterisierten Maßnahmen und im Hinblick auf die in Kapitel 4 vorgenommenen Analysen zusammenfassende Schlussfolgerungen bezüglich möglicher Fördermaßnahmen über die 2. Säule der GAP gezogen. Für Details sowie Verweise zu Beispielen aus anderen (Bundes-)ländern wird auf die jeweiligen Maßnahmentabellen in Kapitel 3 verwiesen. Dort finden sich auch Literaturhinweise.

5.3.1 Senkung von Stickstoffüberschüssen und Verringerung von Stickstoffverlusten

Maßnahmen, die über eine höhere Stickstoffeffizienz den Stickstoffüberschuss verringern, haben ein erhebliches Potenzial zur Reduktion von THG-Emissionen (siehe auch Kapitel 4.1). Der Handlungsbedarf zur Verringerung von Stickstoffverlusten ist auch aufgrund weiterer bestehender verpflichtender Ziele (Reduktion von NH_3 -Emissionen, guter Zustand der Gewässer nach WRRL, MSRL) sehr hoch. Alle genannten Umweltbelastungen sind direkt mit den Nährstoffüberschüssen der Landwirtschaft assoziiert und verursachen erhebliche gesellschaftliche Kosten.

Das Ordnungsrecht (u.a. Düngerecht, Wasserrecht) ist daher zentral für die Regulierung des Umgangs mit Stickstoff. Insbesondere die Düngeverordnung gibt konkrete Einschränkungen im Zusammenhang mit der Düngung vor. Der Stickstoffüberschuss auf Betriebsebene wird aktuell nur über die Verpflichtung zum Erstellen einer betrieblichen Stoffstrombilanz adressiert (siehe Stoffstrombilanzverordnung). Von dieser Verpflichtung ist bisher nur ein Teil der landwirtschaftlichen Betriebe betroffen, die erlaubten Bilanzüberschüsse sind mit 175 kg N pro Hektar und Jahr erheblich (alternativ kann eine betriebsindividuelle Bewertungsgrenze eine noch weitere Heraufsetzung des zulässigen Bilanzwertes ermöglichen) und ein Überschreiten der Obergrenzen zieht lediglich eine mögliche Verpflichtung zur Teilnahme an Beratungsmaßnahmen nach sich. Die Wirkung der Stoffstrombilanzverordnung soll bis Ende 2021 evaluiert werden.

Falls die ordnungsrechtlichen Auflagen nicht ausreichen, um Ziele zur Minderung der Stickstoffbelastungen (Luft, Klima, Gewässer) zu erreichen, bzw. nicht entsprechend verschärft werden, ist als ein weiterer Ansatzpunkt außerhalb der 2. Säule-Förderung eine Abgabe auf den Stickstoffüberschuss auf Betriebsebene oder die Bepreisung von in Verkehr gebrachtem N-Mineraldünger zu erwägen. Solche Maßnahmen müssten allerdings auf Bundesebene ergriffen werden.

Auf ordnungsrechtliche Vorgaben aufbauend, können über eine Förderung in der 2. Säule Aktivitäten gefördert werden, die insbesondere über die Art der Behandlung und Ausbringung von Düngemitteln aber auch durch Nährstoffspeicherung in Zwischenfrüchten die Stickstoffeffizienz erhöhen und Stickstoffverluste verringern können:

- Über die Förderung von Investitionen sollten weiterhin (zeitlich begrenzt) emissionsarme Ausbringungstechniken unterstützt werden; zukünftig auch die Ansäuerung von Gülle, falls sich diese Technik als sinnvoll erweist und rechtliche Klarheit über die Anwendung herrscht.
- Für eine Förderung von Zwischenfrüchten sind AUKM etabliert, wobei Zwischenfrüchte mit langer Standzeit und Mischungen aus ökologischer Sicht besonders vorteilhaft sind und im Zentrum der Förderung stehen sollten.

- Precision farming und Stickstoffdepotdüngung kann dazu beitragen, die Ausbringung von Mineraldünger zu optimieren. Eine zeitlich begrenzte Förderung kann für die Einführung dieser Techniken hilfreich sein.
- Freiwillige Hoftorbilanz: Eine mögliche zukünftige Fördervariante wäre eine über die Vorgaben der Stoffstrombilanzverordnung hinausgehende freiwillige Hoftorbilanz mit engen maximalen betriebstypspezifischen Stickstoffüberschüssen, ggf. als ergebnisorientierter Ansatz.

Um Effizienzreserven bei der Düngung zu mobilisieren, sind jedoch insbesondere Maßnahmen zum Wissenstransfer wichtig:

- Beratung zu Düngeplanung, Zwischenfruchtanbau, zur Einführung bisher wenig verbreiteter Technik, zudem Pilotprojekte.

Relevant kann auch die Sicherstellung einer Verfügbarkeit von Geräten sein (z. B. Zugang über Maschinenringe oder Lohnunternehmen).

Eine wichtige Rolle für Überschüsse in der Stickstoffbilanz spielt die regional sehr unterschiedliche Viehdichte (siehe Kapitel 4.2). Daher sollten sich weitere Maßnahmen in besonderem Maß an Regionen mit hohem Viehbesatz richten (siehe Kapitel 5.3.2).

5.3.2 Reduktion von Emissionen aus der Tierhaltung

Über eine Reduktion der Tierbestände kann eine hohe THG-Minderungen erreicht werden (siehe Kapitel 4.2). Erst eine Reduktion der Tierproduktion mit entsprechender Freisetzung von Flächen ermöglicht z. B. eine Bioökonomie, die einen erheblichen Teil der stofflichen Nutzung fossiler Rohstoffe ersetzen kann. Dies muss jedoch einhergehen mit einer entsprechend reduzierten Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln, ansonsten werden THG-Emissionen lediglich verlagert (Kapitel 3.2). Ansatzpunkte im Bereich Nachfrage und Ernährung sind i.d.R. aber nicht direkt Teil der Agrarförderung. In diesem Zusammenhang ist auch auf eine notwendige Anpassung der Handelspolitik hinzuweisen, um Importe von unter besonders klimaschädlichen Bedingungen produzierten Waren (z. B. Rindfleisch, welches in Verbindung mit Entwaldung steht) zu vermeiden (Stichworte: Grenzausgleich; Einfuhrzölle; transparente Lieferketten) (siehe Kapitel 2.5.5).

Die Handlungsnotwendigkeiten gehen weit über die 2. Säule-Förderung und über Möglichkeiten eines Bundeslandes hinaus. Eine Entwicklung hin zu geringeren Tierbeständen kann aber durch eine Förderung begleitet werden, und Fördermaßnahmen sollten sich an der Perspektive orientieren, dass eine zunehmende Konzentration der Viehhaltung vermieden und in Regionen mit besonders hoher GV-Dichte diese verringert werden muss, auch um eine effiziente Verwertung der entstehenden Wirtschaftsdünger zu erleichtern. Während ordnungsrechtlich z. B. auf regionaler Ebene in Regionen mit hoher Viehbesatzdichte beispielsweise weitere Stallbauten unterbunden werden könnten, können im Rahmen von Fördermaßnahmen Beschränkungen der GV-Dichte oder Bestandsobergrenzen festgelegt werden. Tierwohlmaßnahmen honorieren veränderte Haltungsbedingungen. Alleine eine Umsetzung der Empfehlungen der „Borchert Kommission“ würde die Tierzahlen je m² Stallfläche reduzieren und würde, soweit keine Stallfläche zugebaut wird, somit den Viehbesatz verringern. Investive Maßnahmen können einen Umbau zu tiergerechterer Haltung unterstützen und Tierwohlprämien höhere laufende Kosten weitgehend abdecken. Maßnahmen der 2. Säule müssten dabei sicherlich ergänzt werden durch eine bundesweite zusätzliche Finanzierungsstrategie (siehe z. B. Tierwohlabgabe).

Um eine weiterhin erwünschte Grünlandnutzung sicherzustellen, gewinnen im Fall verringerter Viehbestände traditionelle Nutzungsmöglichkeiten von Grünland an Bedeutung.

Über die 2. Säule könnten gezielt kraftfutter-reduzierte Produktionssysteme unterstützt werden, beispielsweise durch:

- AUKM zu Einstieg und Beibehaltung kraftfutter-reduzierter Milchviehhaltung mit Vorgaben zu Mindestanteilen sowohl an Futtertrockenmasse aus Grundfutter insgesamt als auch an Futterfläche aus Dauergrünland
- Investive Fördermaßnahmen zur Optimierung der Grünlandbewirtschaftung und angepasste Stall- und Weidesysteme
- Ergänzend bestehende oder modifizierte AUKM (in Abstimmung mit zukünftigen Öko-Regelungen in der 1. Säule) zur extensiven Grünlandbewirtschaftung und zur Weidehaltung.

Zwischen der emissionsarmen Güllelagerung und der Güllevergärung bestehen große Synergien, die möglichst genutzt werden sollten. Dies bedarf einer guten Abstimmung zwischen dem Förderrecht im Bereich Energie und Landwirtschaft. So könnten sich Biogasanlagen zu „Dienstleistern“ für die emissionsfreie Lagerung von Wirtschaftsdünger entwickeln. Konkrete Emissionsminderungsmöglichkeiten bestehen außerdem im Bereich der Wirtschaftsdüngerlagerung und beim Stall(um-)bau.

- Hier sollte die Investitionsförderung noch stärker auf Klimaschutz ausgerichtet und Auswahlkriterien entsprechend angepasst werden, und die Förderung für Stallbauten könnte dahingehend modifiziert werden, dass für größere Stallbauten die Nutzung des Wirtschaftsdüngers in Biogasanlagen Fördervoraussetzung wird.

Wissensvermittlung und Beratung sind auch für Maßnahmen in der Tierhaltung von hoher Bedeutung. Folgende Beratungsinhalte sind wichtig:

- Beratung zu Möglichkeiten der Emissionsminderung im Stall und bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger, zur Fütterungsberatung und Beratung im Bereich der Grundfuttermittelgewinnung und -lagerung.

5.3.3 Erhalt und Aufbau organischer Substanz auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Bestehende Kohlenstoffspeicher auf landwirtschaftlichen Flächen müssen erhalten und Möglichkeiten genutzt werden, zusätzliche Senken für CO₂ zu schaffen. Es geht dabei einerseits um die Speicherung von Kohlenstoff in Böden, relevant ist darüber hinaus auch die längerfristige Festlegung von Kohlenstoff in der Biomasse von perennierenden zumeist holzigen Kulturen (siehe Kapitel 3.3). Über die 2. Säule bestehen - immer in Abhängigkeit der zukünftigen Ausgestaltung der 1. Säule - diverse Förderoptionen.

Vordringlich ist eine Vermeidung von Grünlandumbruch. Ordnungsrecht ist das primäre Instrument, um eine Umwandlung in Ackerfläche zu regulieren. AUKM können wie folgt unterstützen:

- Diverse AUKM auf Grünland (FAKT, Landschaftspflegeleitlinie) schränken den Umbruch zu Pflegezwecken ein.
- Als klimawirksame Maßnahme ist eine dauerhafte Umwandlung von Ackerflächen in Grünland über AUKM in Betracht zu ziehen. Da die Umwandlung mit Flächenverlusten für die Produktion von Ackerkulturen einhergeht und um Synergien mit anderen Umweltzielen optimal zu nutzen,

sollte eine solche Maßnahme gezielt auf Kulissen beschränkt sein (über Biodiversität hinaus auch Kulissen des Wasserschutzes und zur Vorbereitung oder Flankierung von Moorschutzmaßnahmen auf organischen Böden) (siehe auch Kapitel 3.3.2).

Abnehmende Wirtschaftlichkeit der Dauergrünlandnutzung mindert allerdings die Akzeptanz von Seiten der Landwirtschaft für die Dauergrünlandlanderhaltung und die Umwandlung von Acker- in Dauergrünland. Neben der Unterstützung traditioneller Nutzungsmöglichkeiten von Grünlandaufwuchs sind zukünftig auch weitere Ansätze zur Verwertung (stofflich und energetisch) zu entwickeln und auszubauen.

Zum Erhalt und Erhöhung des Humusgehalts in Ackerböden tragen organische Düngung mit Wirtschaftsdüngern oder Kompost, ganzjährige Begrünung und der verstärkte Anbau von Kulturen mit intensiver Durchwurzelung (z. B. Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten und eine verstärkte Integration von mehrjährigen Leguminosen oder Ackergras in die Fruchtfolge) und die Einarbeitung von Ernteresten. Die Klimawirkung ist jedoch schwer zu quantifizieren, abhängig von den Standortbedingungen und auf kontinuierliche Anwendung angewiesen. Fördermaßnahmen in der 2.Säule könnten folgendermaßen beitragen:

- Bildung und Beratung sollten im Vordergrund stehen, da die damit im Zusammenhang stehenden Vorteile auch im Eigeninteresse der Landwirte liegt.
- Begleitende Messungen des C_{org} -Gehaltes im Boden oder neue „Tools“ zur Abschätzung des Humusgehaltes in Abhängigkeit von Managemententscheidungen (siehe Projekt CarboCheck des Thünen-Instituts²⁴) könnten Bestandteil der Beratung sein.
- Ergänzende Fördermaßnahmen v.a. über AUKM (z. B. zum Anbau von Zwischenfrüchten oder mehrjährigen Leguminosen) sind sinnvoll aufgrund vielfältiger Synergien mit einer Reihe an Umweltzielen, der Bodenfruchtbarkeit und der Anpassung an den Klimawandel.

Landschaftselemente und Agroforstsysteme tragen ebenfalls zur Speicherung von Kohlenstoff bei, und es ergeben sich i.d.R. eine Vielzahl an Synergien mit anderen Umweltzielen (siehe Kapitel 3.3.3). Empfehlenswert sind daher folgende Fördermaßnahmen:

Folgende Fördermöglichkeiten bieten sich bevorzugt auf Ackerböden in Regionen mit wenigen Landschaftsstrukturelementen und auf erosionsgefährdeten Standorten an:

- Ausweiten der Förderung einer Bereitstellung von Flächen für sowie Pflege von Struktur- und Landschaftselementen (siehe auch Beispiel in Bayern: AUKM „Flächenbereitstellung zur dauerhaften Anlage von Struktur- und Landschaftselementen“²⁵)
- Förderung von (neuen) Agroforstsystemen (dabei Definition klären z. B. ob nur auf Ackerflächen, ggf. konkrete Kulissen ausschließen, Positiv- oder Ausschlussliste an Baumarten, inklusive Hecken etc.): Investive Förderung zur Etablierung; Flächenförderung wird voraussichtlich zukünftig als Öko-Regelung angeboten.

²⁴ <https://www.thuenen.de/de/ak/projekte/carbocheck/>

²⁵ Gefördert wird die Bereitstellung von LF für neuangelegte Struktur- und Landschaftselemente, die dem Cross Compliance-Beseitigungsverbot unterliegen; das angelegte Struktur- oder Landschaftselement ist zu digitalisieren und ab dann im Flächennutzungsplan entsprechend anzugeben (Förderhöhe: 2 €/ar bereitgestellter Fläche)

5.3.4 Ausweitung des Leguminosenanbaus

Ein verstärkter Anbau von Leguminosen kann insbesondere durch verringerte Stickstoffdüngung und damit geringere N₂O-Emissionen sowie Einsparung von energieaufwändig erzeugtem Mineraldünger THG-Emissionen vermeiden. Die THG-Minderungskosten sind vergleichsweise gering (siehe Kapitel 4.3). Hinzu kommt die positive Wirkung auf den Kohlenstoffgehalt im Boden insbesondere bei mehrjährigen Leguminosen. Wirkungen können sich auch aufgrund der Substitution importierter Eiweißfuttermittel ergeben. Es ergeben sich weitere Synergien mit anderen Umweltzielen und pflanzenbaulichen Aspekten (siehe Kapitel 3.4). Berücksichtigt werden muss, welche Kulturen eventuell verdrängt werden und welche Optionen für eine Verwendung des Aufwuchses zur Verfügung stehen.

Insbesondere mehrjährige Leguminosen (z. B. kleinkörnige Leguminosen wie Weiß- und Rotklee, Luzerne) haben aufgrund intensiver Durchwurzelung ein hohes Potenzial zur Stickstoffbindung und für den Humusaufbau.

Während im Ökologischen Landbau Leguminosen als Stickstoffinputquelle und als heimisches Futtermittel unverzichtbar sind, hat der Anbau in konventionellen Betrieben trotz Zunahme in den letzten Jahren noch einem geringen Anteil an der Fruchtfolge. Insbesondere haben Körnerleguminosen in Baden-Württemberg insgesamt noch eine sehr geringe Bedeutung (siehe auch Kapitel 4.3.1).

Folgende Maßnahmen in der 2. Säule könnten zur Ausweitung des Leguminosenanbaus beitragen (in Abhängigkeit der Ausgestaltung der 1. Säule, insbesondere der Öko-Regelungen):

- Die Förderung der Fruchtartendiversifizierung über als AUKM beinhaltet bereits einen verpflichtenden Anteil von 10 % Leguminosen oder Leguminosengemischen an der Ackerfläche. Zukünftig wird diese Maßnahmen voraussichtlich als Öko-Regelung angeboten. Über ergänzende Fördervarianten in der 2. Säule könnten verstärkt Anreize zum Anbau von Leguminosen gesetzt werden: z.B. Fruchtartendiversifizierung mit mindestens 10 % Körnerleguminosen (Beispiele für solche Fördervarianten im Rahmen der Fruchtartendiversifizierung finden sich in der aktuellen GAK und in diversen Bundesländern, u.a. in Bayern und Hessen; die Prämie ist jeweils um etwa 20 bis 25 € pro Hektar höher als bei der „Basisvariante“, bei der die Art der Leguminosen nicht festgelegt ist). Auf diese Weise könnte man über die höhere Prämie zusätzlich Betriebe für eine Teilnahme an der Maßnahme gewinnen, die aufgrund des Betriebskonzepts bei Leguminosen v.a. auf handelbare großkörnige Leguminosen setzen würden. Eine weitere mögliche Fördervariante wäre, den geforderten Anteil an Leguminosen(-gemischen) auf 15 % heraufzusetzen. Diese Maßnahmenvariante könnte insbesondere ein Anreiz sein für Betriebe, bei denen ein höherer Anteil Futterleguminosen ins Betriebskonzept passt.
- Denkbar ist auch eine direkte Förderung des Ackerfutter- und Leguminosenanbaus pro Hektar unabhängig von der Fruchtfolge oder einer Fruchtartendiversifizierung (siehe z. B. AUKM in Sachsen "Umweltschonende Produktionsverfahren des Ackerfutter- und Leguminosenanbaus", bei der die Prämie pro Hektar Ackerfutter (ohne Mais) oder Leguminosen gezahlt wird; Voraussetzung ist auch hier, dass mindestens 10 % der Ackerfläche mit diesen Kulturen bestanden sind). Auch hier bestände bei einer einheitlichen Prämie sicherlich eher ein Anreiz für Futterbaubetriebe, verstärkt auf mehrjährigen Ackerfutterbau zu setzen, ggf. über 10 % der Ackerfläche hinaus. Dadurch dass sich die Förderung nicht alleine auf Leguminosen beschränkt, sondern z. B. auch Ackergras in die zu fördernde Kategorie fällt, sollte die Maßnahme mit WTO-Regeln kompatibel sein.

Maßnahmen der 2. Säule sollten außerdem sowohl im Bereich Wissenstransfer als auch bezüglich Verarbeitung und Vermarktung gezielt den Leguminosenanbau unterstützen und damit Aktivitäten, die auch im Rahmen der Eiweißstrategie des Bundes und der Eiweißinitiative Baden-Württemberg vorgesehen sind, ergänzen.

5.3.5 Ausweitung des ökologischen Landbaus

Klimawirkungen des ökologischen Landbaus ergeben sich aus der Einsparung von N-Mineraldünger und Einschränkungen im Bereich der Viehhaltung sowie dem im Vergleich zum konventionellen Anbau verstärkten Kultivierung von Leguminosen und dem Humusaufbau auf Ackerflächen. Eine Quantifizierung der THG-Minderung durch eine Umstellung auf ökologischen Anbau ist nicht ohne weiteres möglich, da der Ertrag i.d.R. geringer ist (*Leakage*) und tendenziell bereits eher extensiver wirtschaftende Betriebe umstellen (siehe Kapitel 3.5 und 5.2).

Entscheidend für die Förderwürdigkeit des Ökolandbaus sind daher die multiplen positiven Wirkungen, insbesondere im Umwelt- und Tierschutzbereich, und der gesellschaftliche Wunsch weiter Teile der Bevölkerung nach einem Ausbau dieser Bewirtschaftungsform. Dies spiegelt sich auch in bereits gesetzten Zielen zur Ausweitung des Ökolandbaus wider.

Die Förderung des Ökologischen Landbaus als Flächenmaßnahme über MEPL III ist etabliert und sollte weitergeführt werden. Insbesondere wo der Ökolandbau einen besonders hohen Nutzen stiftet, z. B. in § 13-Gebietskulissen der Düngeverordnung („rote Gebiete“), sollten Betriebsumstellungen über Beratung besonders angeregt werden. Gute Kombinationsmöglichkeiten mit anderen AUKM können die Stickstoffeffizienz oder Biodiversitätswirkungen weiter erhöhen. Die Flächenförderung muss - in und außerhalb der 2. Säule - begleitet werden von Bildung und Beratung sowie Maßnahmen zur Ausweitung von (möglichst regionalen) Verarbeitungs- und Vermarktungspotenzialen. Dies schließt Verbraucherinformationen und eine bessere Vernetzung und Zusammenarbeit von allen Akteuren in der Wertschöpfungskette ein.

Ausführliche und aktuelle Empfehlungen zur Ausweitung des Ökolandbaus in Baden-Württemberg finden sich im Endbericht der Produktions- und Marktpotenzialstudie EVA-BIOBW 2030 (Ecozept 2021).

5.3.6 Schutz landwirtschaftlich genutzter organischer Böden

Landwirtschaftlich genutzte entwässerte organische Böden tragen durch den Abbau der organischen Substanz im Boden erheblich zu THG-Emissionen bei (siehe Kapitel 4.4). Tiefentwässerte Böden verlieren aufgrund der Sackung langfristig ihre Nutzbarkeit. Aus Klimaschutzsicht optimal ist die Wiedervernässung entwässerter Böden bis hin zu moorerhaltendem Wasserstandsmanagement mit nachfolgender Renaturierung oder Paludikultur (Kapitel 3.6). Durch eine Anhebung des Wasserstandes in Mooren sowie eine Extensivierung (oder Aufgabe) der Nutzung betroffener Flächen ergeben sich zudem vielfache Synergien mit dem Schutz von Biodiversität, Boden und Wasser sowie der Anpassung an den Klimawandel (Wasserhaltung in der Landschaft, bessere Grünlandproduktion in Trockenjahren auf Feuchtwiesen).

Allerdings ist Anhebung von Wasserständen i.d.R. nicht auf Einzelflächen oder auf Betriebsebene durchführbar, und bei einer Vollvernässung ist eine traditionelle landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr möglich. Für Landwirte und Flächeneigentümer bedeutet die Abkehr von einer entwässerungs-

basierten Moornutzung einen grundsätzlichen Paradigmenwechsel. Die Wiedervernässung von Mooren ist daher ein langwieriges, konfliktreiches und komplexes Vorhaben. Zudem werden viele Flächen nicht vernässbar sein, wo z. B. die hydrologischen Gegebenheiten ungünstig sind oder Infrastruktur oder Bauwerke eine Erhöhung des Wasserstandes verhindern.

Wo es grundsätzlich möglich ist, sollten langfristig Wiedervernässungsprojekte geplant und umgesetzt werden. Zur Umsetzung ist ein breiter Mix an Instrumenten und Maßnahmen notwendig, der Rahmenbedingungen im Ordnungsrecht, Maßnahmen aus der 1. Säule sowie mittelfristig auch die Bepreisung von THG-Emissionen aus organischen Böden einschließen kann (siehe Kapitel 3.6).

Die 2. Säule bietet eine Vielzahl an Fördermöglichkeiten, die eine Transformation in Moorregionen begleiten können. Es bedarf Investitionen in direktem Zusammenhang mit Wiedervernässung von der Planung über die Flächensicherung bis zur konkreten Ausführung. Es muss außerdem die Anpassung von betroffenen Betrieben in die Wege geleitet werden, die mit Investitions- und Flächenförderung (AUKM, Zahlungen im Rahmen von Natura 2000 und der WRRL) unterstützt werden kann. Hinzu kommen Wissenstransfer, die Vernetzung diverser Akteure, und perspektivisch auch die Förderung von Verwertungs- und Vermarktung für Paludikulturen als mögliche neue Nutzungsmöglichkeit.

Auf Flächen, die nicht wiedervernässt werden können oder die weiter genutzt werden sollen, sollte eine (möglichst dauerhafte) Umwandlung von Ackerfläche in extensives Grünland sowie Grünlandextensivierung gefördert werden, möglichst im Zusammenhang mit einer moderaten Anhebung des Wasserstandes. Entsprechende Fördermaßnahmen der 2. Säule könnten gezielt auf organische Böden ausgerichtet werden.

Konkrete Möglichkeiten zur Förderung des Moorschutzes über zukünftige AUKM wären z. B.:

- Dauerhafte Umwandlung von Acker in extensives Grünland auf organischen Böden
- Moorschonende Stauhaltung
- Nutzung wiedervernässter Flächen mit dem Fokus Klimaschutz (Feucht- und Nassgrünland, Anbau-Paludikulturen)

Weitere Maßnahmen wären folgende:

- Die existierenden Fördermaßnahmen der LPR könnten im Zusammenhang mit Moorschutz verstärkt auf Klimaschutz ausgerichtet oder ein separates Förderprogramm für die Wiederherstellung von Feuchtgebieten und Mooren aufgelegt werden.
- Maßnahmen zur Zusammenarbeit können das notwendige kooperative Vorgehen beim Moorschutz unterstützen.

Beispiele für solche Fördermaßnahmen finden sich teilweise bereits in anderen Bundesländern (siehe Hinweise in Kapitel 3.6). Siehe außerdem Nitsch und Schramek (2020b) für eine Synopse von Grundlagen für eine Moorschutzstrategie der Bundesregierung.

5.3.7 Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Die Erzeugung erneuerbarer Energien sowie Energieeffizienz werden ganz überwiegend durch Preissignale und Fördermaßnahmen der Energiepolitik bestimmt sowie von ordnungsrechtlichen Regelungen. Hinzu kommt das Bundesprogramm zur Förderung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparung in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Fördermaßnahmen des ELER spielen nur eine sehr untergeordnete

Rolle, und eine Förderung von Investitionen, die im Zusammenhang mit dem EEG oder dem KWK-G stehen, ist im AFP ausdrücklich ausgeschlossen (siehe Kapitel 3.7). Innerhalb dieses Rahmen sollte jedoch die Förderung von Investitionen (AFP, Verarbeitung und Vermarktung) soweit als möglich Anreize für Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien setzen. Beratung zu Energieeffizienz im Rahmen des MEPL erreichen zwar bisher nur eine begrenzte Anzahl an Betrieben, das Angebot sollte aber aufrechterhalten werden.

5.3.8 Wissensvermittlung und Beratung

Die Bedeutung von Wissensvermittlung und Beratung wurde bereits mehrfach hervorgehoben. Die in Baden-Württemberg bereits bestehenden Beratungsmodule bieten spezifische Ansatzpunkte für Klimaschutzaspekte in der Beratung.

Eine breite Bewertung der Klimawirkung landwirtschaftlicher Tätigkeiten von Betrieben ermöglichen folgende weitere Beispiele:

- Die Einzelbetriebliche Klimaschutzberatung in Niedersachsen fußt auf der Basis einzelbetrieblicher Klimabilanzen und wird ebenfalls im Rahmen des ELER-gefördert (Lasar 2017). Der zugrundeliegende Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft berücksichtigt nicht nur Lachgas- und Methanemissionen aus der Landwirtschaft, sondern auch Emissionen aus der Herstellung extern bezogener Betriebsmittel und ist mittlerweile beim KTBL öffentlich und kostenfrei zugänglich²⁶. Die Entwicklung wurde bundesweit durch elf Organisationen der landwirtschaftlichen Beratung und angewandten Forschung begleitet. Die Nachfrage nach dieser Bilanzierung in Niedersachsen ist hoch.
- In Bayern entwickelt die Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ein zukünftig frei über das Internet verfügbares Tool zur Quantifizierung und Bewertung der Klimawirkung landwirtschaftlicher Tätigkeit auf Ebene einzelner Produktionsverfahren sowie des Betriebes²⁷. Dieser Klima-Check soll es Landwirten und Beratern ermöglichen, landwirtschaftliche Praktiken im Hinblick auf ihre Klimawirkung zu bewerten. Neben den Treibhausgasen sollen auch die ökonomischen Auswirkungen ermittelt werden.

Solche Ansätze sollten auch auf einen Einsatz in Baden-Württemberg hin überprüft werden.

²⁶ <https://daten.ktbl.de/bek/#start>

²⁷ <https://www.lfl.bayern.de/iba/agraarstruktur/255541/index.php>

6 Quellenverzeichnis

- Abel S, Caspers G, Gall B, Gaudig G, Heinze S, Höper H, Joosten H, Landgraf L, Lange G, Luthardt V, Meissner J K, Osterburg B, Padeken K, Philipp H-R, Schröder C, Strassburger T, Tiemeyer B, Treipel M, Van Leerdam A, Wichmann S, Wichtmann W, Wollesen S, Zeitz J (2016): Diskussionspapier zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Moorbodennutzung. *Telma* 46, S. 155-174.
- Alpmann, D, Schäfer, B, (2014): Der Wert von Körnerleguminosen im Betriebssystem, UFOP-Praxisinformation. Hrsg. v. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. URL: https://www.ufop.de/files/9013/9593/2050/RZ_UFOP_1157_Praxis_Koernerleguminosen_web.pdf (zuletzt aufgerufen am 18.02.2020).
- AMI - Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbh (2017): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 58, verschiedene Ausgaben.
- AMI - Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbh (2018): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 59, verschiedene Ausgaben.
- AMI - Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbh (2019a): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 60, verschiedene Ausgaben.
- AMI (Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbh) (2019b): IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (Hg.). URL: bit.ly/39A6Vs1 (zuletzt aufgerufen am 02.01.2020).
- Arbeitsgruppe BEK (2016): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. In: www.ktbl.de.
- Beermann A-C, Bienhaus L, Runkel M, Zorzawy F, Möckel S (2020): Tierwohl fördern. Klima schützen. Wie eine Steuer auf Fleisch eine Wende in der Nutztierhaltung einleiten und Anreize für umweltschonenden Konsum liefern kann. *Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS)*.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2020): Landwirtschaft verstehen – Fakten und Hindergründe. Stand November 2020.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2019a): Diskussionspapier Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau. Bonn, Stand Dezember 2019.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2019b): Nutztierstrategie. Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. Berlin. Stand Januar 2019.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2016): Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (zuletzt aufgerufen am 03.06.2020).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019a): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Stand

- 8.10.2019. URL: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1> (zuletzt aufgerufen am 9.4. 2021)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019b): Nationales Luftreinhalteprogramm der Bundesrepublik Deutschland. Nach Artikel 6 und Artikel 10 der Richtlinie (EU) 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe sowie nach §§ 4 und 16 der Verordnung über nationale Verpflichtungen zur Reduktion bestimmter Luftschadstoffe (43. BImSchV). 22. Mai 2019 (Kabinettsbeschluss).
- Böhm H, Dauber J, Dehler M, Amthauer Gallardo DA, de Witte T, Fuß R, Höppner F, Langhof M, Rinke N, Rodemann B, Rühl G, Schittenhelm S (2020): Fruchtfolgen mit und ohne Leguminosen: ein Review. *Journal für Kulturpflanzen* 72(10-11):489-509. doi.org/10.5073/JfK.2020.10-11.01.
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2018): Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 5: Verkehr und Umwelt, Landwirtschaft und Umwelt. Tabelle 11.2.6: Flächennutzung für die Erzeugung von Futter für Nutztier nach Tierarten und Herkunft.
- DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V.) (Hg.) (2019): Kooperativer Klimaschutz durch angepasste Nutzung organischer Böden - Ein Leitfaden. Ansbach (Landschaft als Lebensraum, 26). Kiel/Ansbach, 14. Januar 2019.
- Don A, Flessa H, Marx K, Poeplau C, Tiemeyer B, Osterburg B (2018) Die 4-Promille-Initiative "Böden für Ernährungssicherung und Klima" - Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 37 S., Thünen Working Paper 112.
- Drexler S, Broll G, Don A, Flessa H (2020) Standorttypische Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Deutschlands. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 200 S., Thünen Report 75.
- Drösler M, Augustin J, Bergman L, Förster C, Fuchs D, Hermann J-M, Kantelhardt J, Kapfer A, Krüger G, Schaller L, Sommer M, Schweiger M, Steffenhagen P, Tiemeyer B, Wehrhan M (2012): Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. BfN Skripten 328. BfN, Bonn.
- EBI (European Biochar Industry Consortium e.V.) (2020): Mit Pflanzenkohle basierten Kohlenstoffsenken dem Klimawandel entgegenwirken. EBI Whitepaper.
- Ecozept (Hg.) (2021): Produktions- und Marktpotenzialerhebung und -analyse für die Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung ökologischer Agrarerzeugnisse und Lebensmittel aus Baden-Württemberg. URL: https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/PDFs/Landwirtschaft/Oekologischer-Landbau/EVA-BIOBW-2030_Endbericht.pdf (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021)
- Elsässer M, Mokry M, Kleuter H, Wüst D, Messner J, Ruser R (2018): Umweltfreundliche biologische Ansäuerung der Gülle zur Reduktion der Ammoniakabgasung und Steigerung der Nährstoffeffizienz. *Landinfo* 5 / 2018, S. 13-18.

- Flaig H (2017): Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft. Landinfo 5/17, S.4-15.
- Flessa H, Müller D, Plassmann K, Osterburg B, Techen AK, Nitsch H, Nieberg H, Sanders J, Meyer zu Hartlage O, Beckmann E, Ansprach V (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Landbauforschung, Sonderheft 361. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig 2012.
- Fraunhofer ISE (Hg) (2020): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Oktober 2020.
- Greifswald Moor Centrum (2019): Klimaschutz auf Moorböden. Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. URL: https://greifswaldmoor.de/files/images/pdfs/201908_Broschuere_Klimaschutz%20auf%20Moorb%C3%B6den_2019.pdf (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021)
- Haenel H.-D., Rösemann C., Dämmgen U., Döring U., Wulf S., Eurich-Menden B., Freibauer A., Döhler H., Schreiner C., Osterburg B., Fuß R. (2020): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2018: Report on methods and data (RMD) Submission 2020. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen Institut, 448 p, Thünen Rep 77 and Database, DOI:10.3220/REP1584363708000.
- Hennemann-Kreikenbohm I, Jennemann L, Kinast P, Peters W, Schöne F (2015) (2015): Naturverträgliche Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen (KUP). NABU, Bosch & Partner GmbH (Hg.). Berlin 2015, 64 S.
- Hermann A, Wiegmann K, Wirz A (2020): Instrumente und Maßnahmen zur Reduktion der Stickstoffüberschüsse. Endbericht. Öko-Institut e.V. (Hg.). Darmstadt/Frankfurt a.M., 07.07.2020
- Howitt, R E (1995): Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics 77 (2), S. 329–342. URL: <https://doi.org/10.2307/1243543> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- Hülsbergen K J, Rahmann G (Hg) (2015): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Report 29.
- IfLS (Institut für Ländliche Strukturforschung) und ART (Forschungsgruppe Agrar- und Regionalentwicklung Triesdorf) (2019): Bewertung des Maßnahmen- und Entwicklungsplans Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2014-2020 (MEPL III). Frankfurt am Main, Weidenbach-Triesdorf 2019.
- Isermeyer F, Heidecke C, Osterburg B (2019): Einbeziehung des Agrarsektors in die CO₂-Bepreisung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 89 S., Thünen Working Paper 136.
- Isermeyer F, Nieberg H, Banse M, Bolte A, Christoph-Schulz IB, Dauber J, Witte T de, Dehler M, Döring R, Elsasser P, Fock HO, Focken U, Freund F, Goti L, Heidecke C, Kempf A, Koch G, Kraus G, Krause A, Kroiher F, Lasner T, Lüdtke J, Olbrich A, Osterburg B, Pelikan J, Probst WN, Rahmann G, Reiser S, Rock J, Röder N, Rüter S, Sanders J, Stelzenmüller V, Zimmermann C (2020): Auswirkungen ak-

- tueller Politikstrategien (Green Deal, Farm-to-Fork, Biodiversitätsstrategie 2030; Aktionsprogramm Insektenschutz) auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 102 S., Thünen Working Paper 156.
- Jacobs A, Flessa H, Don A, Heidkamp A, Prietz R, Dechow R, Gensior A, et al. (2018): Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 S., Thünen Report 64.
- Johnston A E, Poulton P R, Coleman K (2009): Chapter 1: Soil Organic Matter. Its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. In: Donald L. Sparks (Hg.): *Advances in Agronomy*, Bd. 101. 1. Aufl. Amsterdam, Boston: Academic Press (*Advances in Agronomy*, 101), S. 1–57.
- Jürgens K, Thomas F, Poppinga O, Bettin K, Isselstein J (2020): Für mehr Artenvielfalt im Grünland: Die Wettbewerbsfähigkeit der kraftfutterreduzierten Milchviehhaltung stärken! Kasseler Institut für ländliche Entwicklung e.V. (Hg.). *Arbeitsergebnisse 14 / 2020*.
- Kammann C, Ippolito J, Hagemann N, Borchard N, Luz Cayuela M, Estavillo JM, Fuertes-Mendizabal T et al. (2017): Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25, S. 114–139.
- Kaupenjohann M, Schnug E, Haneklaus S, Döhler H G, Nebelsieck R, Fock K (2019): Gutachten zur Anwendung von Minderungstechniken für Ammoniak durch "Ansäuerung von Gülle" und deren Wirkungen auf Boden und Umwelt. Umweltbundesamt (UBA) (Hg.). *Texte 148/2019*. Dessau-Roßlau, Dezember 2019.
- Krimly T, Angenendt E, Bahrs E, Dabbert S (2014): Ökonomisch-ökologische Bewertung der Klimawirksamkeit von Mooren in Baden-Württemberg (Moore-BW). Teil 2. Forschungsbericht BWPLUS. Förderkennzeichen BWM 10001.
- Krimly T, Angenendt E, Bahrs E, Dabbert S (2016): Global warming potential and abatement costs of different peatland management options: A case study for the Pre-alpine Hill and Moorland in Germany. *Agricultural Systems*, 145, 1–12. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.009>. (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (Hg.) (2010): *Obstbau. Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen*.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (Hg.) (2019a): *Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau*. URL: <https://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (Hg.) (2019b): *Standarddeckungsbeiträge*. URL: <https://bit.ly/2OR0R6j> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2020).
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (Hg.) (2019c): *Baumschule. Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen*. URL: <https://bit.ly/38ToFxY> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2020): *SDB – Standarddeckungsbeiträge*. URL: <https://daten.ktbl.de/sdb/welcome.do> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).

- Lal R (2016): Beyond COP 21: potential and challenges of the "4 per Thousand" initiative. *Journal of Soil and Water Conservation* 71 (1), 20A–25A.
- Lasar A (2017): Einzelbetriebliche Klimaschutzberatung - Erfahrungen aus Niedersachsen. In: *Landwirtschaft im Klimawandel. Lösungen, die Geld sparen*. 15. Kulturlandschaftstag. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hg.). Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. S. 71-76.
- LAZBW (Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg) (Hg.) (2018): Gülledüngung im Grünland. *Merkblätter für die Umweltgerechte Landbewirtschaftung*. Nr. 27 (3. Auflage). Oktober 2018.
- Lehmann J, Joseph S (Hg.) (2015): *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. Taylor and Francis, 2015.
- LEL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum) (Hg.) (2011): *Digitale Flurbilanz*. URL: lel-bw.de, zuletzt geprüft am 07.01.2020.
- LEL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum) (Hg.) (2018a): *Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2018*. Unter Mitarbeit von Abteilung 2. URL: <https://bit.ly/35PBpnr>, zuletzt geprüft am 02.02.2020.
- LEL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum) (Hg.) (2018b): *Kalkulationsdaten Futterbau - Vers. 4.1*.
- LEL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum) (Hg.) (2019): *Foliensammlung „Ökologische Erzeugnisse“* Version vom 11.11.2019.
- LEL (Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum) (Hg.) (2021): *Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse Baden-Württemberg - Wirtschaftsjahr 2019/2020*. Tabellenteil: URL: *Ökologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe nach Milchkuhbestand*: https://lel.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Unsere+Themen/Landwirtschaftliche+Betriebsverhaeltnisse+Baden_Wuerttemberg (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2019): *LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten*. Internet Deckungsbeitragsrechner 1.20191219. München. URL: <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2020a): *Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten*. Tierische Produktion. URL: <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2020b): *Heimische Milch aus heimischen Futter*. URL: <https://www.lfl.bayern.de/iba/tier/054915/index.php> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- LGRB (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau) (2014): *Organische Kohlenstoffvorräte der Böden Baden-Württembergs in Abhängigkeit von Bodentyp, Bodenart, Klima und Landnutzung*. KLIMOPASS-Bericht.
- Lorenz H, Reinsch T, Hess S, Taube F (2019): *Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems* *Journal of Cleaner Production*, Volume 211 – Feb 20, 2019.

- Löber B (2020): Analyse einer Anbauausweitung von Leguminosen in Deutschland: Chancen und Herausforderungen auf dem Weg zu einer gesunden Ernährung mit einer ökonomisch-ökologisch angemessenen Agrarproduktion. Masterarbeit am Fachgebiet für Landwirtschaftliche Betriebslehre.
- Mährlein A, Jaborg G (2015): Wertminderung landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Naturschutzmaßnahmen. Eine Bestandsaufnahme mit den Ergebnissen der HLBS-Expertenbefragung. In: Agrarbetrieb (AgrB) (3), S. 60-64.
- Maier J, Müller-Sämman K (2018): Mehr Geld mit weniger Stickstoff. BZZ Nr. 3, S. 20-21.
- Messner (2016): Ran an die Wurzel. Gülleschlitztechnik. dlz agrarmagazin März 2016. S. 26-31.
- MLR (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg) (Hg.) (2014): Naturschutzstrategie Baden-Württemberg. Biologische Vielfalt und naturverträgliches Wirtschaften – für die Zukunft unseres Landes. 2. Auflage Februar 2014
- Nemecek T (o. J.): Wheat production, Germany, Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.7.1.
- Nitsch H, Schramek J (2020a): Strategien und Maßnahmen für den Klimaschutz bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Rahmen der GAP. Ergebnisse einer Kurzstudie. Institut für Ländliche Strukturforschung (IfLS). Frankfurt a.M. 5.Juni 2020.
- Nitsch H, Schramek, J (2020b): Grundlagen für eine Moorschutzstrategie der Bundesregierung. Synopse der Ergebnisse aus dem gleichnamigen F+E-Vorhaben. Institut für Ländliche Strukturforschung (IfLS). Online verfügbar unter <https://www.bfn.de/themen/biotop-und-landschaftschutz/moorschutz/fachliche-grundlagen-moorschutzstrategie.html>.
- Osterburg B, Tiemeyer B, Röder N (2018): Hintergrundpapier zum Moorbodenschutz und zur torfschonenden und -erhaltenden Moorbodennutzung als Beitrag zum Klimaschutz. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 23 S., Thünen Working Paper 105.
- Osterburg B, Heidecke C, Bolte A, Braun J, Dieter M, Dunger K, Elsasser P, Fischer R, Flessa H, Fuß R, Günter S, Jacobs A, Offermann F, Rock J, Rösemann C, Rüter S, Schmidt TG, Schröder J-M, Schweinle J, Tiemeyer B, Weimar H, Welling J, Witte T de (2019): Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 150 S., Thünen Working Paper 137.
- Paustian K, Lehmann J, Ogle S, Reay D, Robertson G P, Smith P (2016): Climate-smart Soils. Nature 532, S. 49–57 (2016).
- Poepplau C, Don A (2013): Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. In: Geoderma 192, S. 189–201.
- REDEKER/SELLNER/DAHS (2021): Machbarkeitsstudie zur rechtlichen und förderpolitischen Begleitung einer langfristigen Transformation der deutschen Nutztierhaltung. URL: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Nutztiere/machbarkeitsstudie-borchert.pdf?__blob=publicationFile&v=11 (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021) Röhm O, Dabbert St. (2003): Integrating Agri-Environmental Programs into Regional Production Models: An Extension

- of Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics 85 (1), S. 254–265.
- Roskopf, N, Fell, H., Zeitz, J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena* 133 (2015), 157–170.
- Sanders J, Hess J (Hg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 S., Thünen Report 65.
- Schmidt T, Schneider F, Leverenz D, Hafner G (2019) Lebensmittelabfälle in Deutschland - Baseline 2015. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 103 S, Thünen Report 71.
- Ssymank A, Ullrich K, Vischer-Leopold M, Belting S, Bernotat D, Bretschneider A, Rückriem C, Schiefelbein U (2015): Handlungsleitfaden "Moorschutz und Natura 2000" für die Durchführung von Moorrevitalisierungsprojekten. Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hg.). Bonn.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (o. J. a): Treibhausgas (THG)-Emissionen (CO₂, Methan, Lachgas) nach Sektoren in Baden-Württemberg seit 1990. URL: <https://www.statistik-bw.de/Umwelt/Luft/Treibhausgase.jsp> (zuletzt aufgerufen am 13.4.2021)
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (o. J. b): Viehwirtschaft – Entwicklung der Viehhaltung in landwirtschaftlichen Betrieben seit 1979. URL: <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Viehwirtschaft/Entw-VH.jsp> (zuletzt aufgerufen am 13.4.2021)
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (o. J. d): Produktionswerte landwirtschaftlicher Produkte. URL: <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/AS-ProdWerte.jsp>. (zuletzt aufgerufen am 24.02.2021).
- StMUV (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz) (2019): Anlage zur MRat-Vorlage des StMUV „Klimaschutzoffensive - Maßnahmenpaket“ Langfassung. Stand: 18.11.2019: URL: https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz/doc/klimaschutzoffensive_lang.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.12.2020)
- Streck T, Ingwersen J, Lamers M, van den Berg M, Kazda M, Wert M, Lengerer A, Dickopp J-E, Fiedler S, Ebli M (2017): Repräsentative Erfassung der Emissionen klimarelevanter Gase aus Mooren Baden-Württembergs (EmMo). Forschungsbericht BWPLUS. Förderkennzeichen BWM 11001, BWM 11003, BWM 11005.
- Taube F, Bach M, Breuer L, Ewert F, Fohrer N, Leinenweber P, Müller T, Wiggering H (2020): Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung: Stickstoff- und Phosphor-Überschüsse nachhaltig begrenzen. Fachliche Stellungnahme zur Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung. Umweltbundesamt (UBA) (Hg.). Dessau-Roßlau. Texte 200/2020.
- Tiemeyer, B, Albiac Borraz, E, Augustin, J, Bechtold, M, Beetz, S, Beyer, C, Drösler, M, Ebli, M, Eickenscheidt, T, Fiedler, S, Förster, C, Freibauer, A, Giebels, M, Glatzel, S, Heinichen, J, Hoffmann, M, Höper, H, Jurasinski, G, Leiber-Sauheitl, K, Peichl-Brak, M, Roßkopf, N, Sommer, M, Zeitz, J (2016): High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils, *Glob. Change Biol.*, 22, 4134–4149.

- Tiemeyer B, Bechtold M, Belting S (2017): Moorschutz in Deutschland. Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen; Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren. Bonn - Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten, 462).
- Tiemeyer B, Freibauer A, Albia Borraz E, Augustin J, Bechtold M, Beetz S, Beyer C, Ebli M, Eickenscheidt T, Fiedler S, Förster C, Gensior A, Giebel M, Glatzel S, Heinichen J, Hoffmann M, Höper H, Jurasinski G, Laggner A, Leiber-Sauheitl K, Peichl-Brak M, Drösler M (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators* 109 (2020) 105838.
- UBA (Umweltbundesamt) (2016): Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitrateinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoffüberschüsse. UBA-Texte 55/2016.
- UBA (Umweltbundesamt) (2019): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018.
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (Hg) (2014): Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg (IEKK). Stand: 15. Juli 2014.
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (Hg) (2016): Landschaftspflegerichtlinie. Förderperiode 2014 – 2020. Faltblatt.
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (Hg.) (2017): Stickstoffüberschuss der Agrarwirtschaft in Baden-Württemberg Regionalisierung des Stickstoffüberschusses nach der Hoftorbilanz auf Gemeindeebene - Stand 2014 (Überschussbericht 2017).
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) und LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2015; 2. Auflage 2017): Moorschutzprogramm Baden-Württemberg.
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) und MLR (Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz) (Hg.) (2019): Landesstrategie nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg. (4. Juni 2019)
- Wang JY, Xiong ZQ, Kuzyakov Y (2016): Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects, *Global Change Biology Bioenergy*, 8, S. 512-523.
- Wälzholz A (2003): Effekte des Beitritts Polens zur EU auf das Angebotsverhalten polnischer Molkeereien. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. URL: <https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0006-AB5F-A/waelzholz.pdf?sequence=1> (zuletzt aufgerufen am 9.4.2021).
- WBAE und WBW (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL) (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin

- WBAE (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL) (2019): Zur effektiven Gestaltung der Agrarumwelt- und Klimaschutzpolitik im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU nach 2020. Stellungnahme, Berlin.
- WBAE (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL) (2020): Politik für eine nachhaltigere Ernährung. Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten. Gutachten Juni 2020.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. Berlin: WBGU.
- Wiesmeier, M., Burmeister, J., Treisch, M., Brandhuber R. (2017): Klimaschutz durch Humusaufbau – Umsetzungsmöglichkeiten der 4 Promille-Initiative in Bayern. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz.
- Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015): Anwendung von organischen Düngern und organischen Reststoffen in der Landwirtschaft. Standpunkt des Wissenschaftlichen Beirats für Düngungsfragen. Oktober 2015.

Anhang

Anhang 1: Anbaufläche von Körnerleguminosen in Abhängigkeit einer Flächenprämie

Prämienhöhe	Körnerleguminosen gesamt	Sonstige Körner- leguminosen	Davon Sojabohnen	Flächenanteil Körnerleguminosen
€/ha	ha	ha	ha	%
0	17.587	9.943	7.644	2,2
20	50.825	20.120	30.705	6,3
40	71.747	24.709	47.038	8,8
60	88.122	27.182	60.940	10,9
80	98.836	28.619	70.217	12,2
100	105.444	29.803	75.641	13,0
120	109.341	30.952	78.389	13,5
140	111.414	32.056	79.358	13,7
160	113.283	33.104	80.179	14,0
180	115.033	34.114	80.919	14,2
200	116.701	35.081	81.620	14,4
220	118.288	36.000	82.288	14,6
240	119.785	36.846	82.939	14,8
260	121.199	37.626	83.573	14,9
280	122.530	38.384	84.146	15,1
300	123.797	39.103	84.694	15,3

Anhang 2: Auswirkungen eines 10 % geringeren Durchschnittsertrags von Körnerleguminosen auf die Anbaufläche in Abhängigkeit der Prämienhöhe

Prämie (€)	Leguminosenfläche (ha)			Minderungspotenzial (t CO ₂ -Äq.)		
	Ø-Ertrag (A)	Ø-Ertrag -10% (B)	Differenz	THGE gesamt (A)	THGE gesamt (B)	Differenz
0		17.587	-			
20	50.825	17.587	-33.238	97.849	-	-97.849
40	71.747	17.587	-54.160	159.441	-	-159.441
60	88.122	17.638	-70.484	207.647	150	-207.497
80	98.836	27.610	-71.226	239.188	29.507	-209.682
100	105.444	39.830	-65.614	258.642	65.481	-193.161
120	109.341	56.012	-53.329	270.114	113.119	-156.995
140	111.414	72.904	-38.510	276.217	162.847	-113.369
160	113.283	87.326	-25.957	281.719	205.304	-76.415
180	115.033	96.452	-18.581	286.871	232.170	-54.700
200	116.701	103.552	-13.149	291.781	253.072	-38.709
220	118.288	109.814	-8.474	296.453	271.506	-24.947
240	119.785	113.601	-6.184	300.860	282.655	-18.205
260	121.199	115.471	-5.728	305.023	288.160	-16.863
280	122.530	117.124	-5.406	308.941	293.026	-15.915
300	123.797	118.608	-5.189	312.671	297.395	-15.276

Anhang 3: Ökologisch bewirtschaftete landwirtschaftlich genutzte Fläche in den Landkreisen in Baden-Württemberg (nach GA-Daten 2019)

