

Effekte auf Wasser- und Klimaschutz – Eine Analyse betrieblicher Nährstoffvergleiche für ausgewählte Flächenmaßnahmen

Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen 2014 bis 2020 (PFEIL)

Wolfgang Roggendorf

5-Länder-Evaluation 3/2021



Finanziell unterstützt durch:



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirtschafts-
fonds für die Entwicklung des
ländlichen Raums



Freie
Hansestadt
Bremen



Niedersachsen

Publiziert:



DOI: 10.3220/5LE1633950327000

www.eler-evaluierung.de

Der nachfolgende Text wurde in geschlechtergerechter Sprache erstellt. Soweit geschlechtsneutrale Formulierungen nicht möglich sind, wird mit dem Doppelpunkt im Wort markiert, dass Frauen, Männer und weitere Geschlechtsidentitäten angesprochen sind. Feststehende Begriffe aus Richtlinien und anderen Rechtstexten bleiben unverändert.

Thünen-Institut für Ländliche Räume

Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Roggendorf

Bundesallee 64, 38116 Braunschweig

Tel.: 0531 596-5217

Fax: 0531 596-5599

E-Mail: wolfgang.roggendorf@thuenen.de

Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundeforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Braunschweig, Oktober 2021

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
0 Zusammenfassung	1
1 Einführung	2
2 Daten und Methoden	3
2.1 Daten	3
2.2 Methode	5
3 Ergebnisse	6
3.1 Maßnahmen mit Wasser- oder Klimaschutzziel	6
3.1.1 Anbau von winterharten Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 22)	6
3.1.2 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5)	8
3.1.3 Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2)	10
3.1.4 Ökologischer Landbau – Grundförderung (BV 1) und Zusatzförderung Wasserschutz (BV 3)	12
3.2 Weitere Maßnahmen aus dem <i>PFEIL</i>	15
3.2.1 Förderschwerpunkt GL – Maßnahmen auf Dauergrünland	15
3.2.2 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21)	18
3.3 Ergebnisse im Maßnahmenvergleich	22
4 Schlussfolgerungen	24
Literaturverzeichnis	27
Anhang	29
A.1.1 Winterharte Zwischenfrüchte und Untersaaten (AL 22)	31
A.1.2 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5)	32
A.1.3 Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2)	33
A.1.4 Ökologischer Landbau – Grundförderung (BV 1) und Zusatzförderung Wasser- schutz (BV 3)	34
A.2.1 Maßnahmen auf Dauergrünland (GL)	35
A.2.2 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Variante 1	36
A.2.3 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Variante 2	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wirkung der Vorhabenarten bzw. Maßnahmen auf Stickstoffbilanzsaldo, Stickstoff-Input und N-Mineraldüngermenge im Überblick	22
------------	--	----

Abkürzungsverzeichnis

A	
AL 21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten
AL 22	Anbau von winterharten Zwischenfrüchten und Untersaaten
AL 5	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais
AUKM	Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahme
B	
BV 1	Ökologischer Landbau – Grundförderung
BV 2	Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten
BV 3	Ökologischer Landbau – Zusatzförderung Wasserschutz
C	
C	Kontrollgruppe
CMEF	Gemeinsamer Überwachungs- und Bewertungsrahmen zur Gemeinsamen Agrarpolitik
D	
DüV	Düngeverordnung
E	
eDFB	Erweiterter Durchführungsbericht
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EPLR	Entwicklungsprogramm Ländlicher Raum
EU	Europäische Union
EU-KOM	EU-Kommission
G	
GL	Förderschwerpunkt GL – Maßnahmen auf Dauergrünland
GL 1	Extensive Bewirtschaftung
GL 2	Einhaltung einer Frühjahrsruhe
GL 3	Weidenutzung in Hanglagen
GL 4	Zusätzliche Bewirtschaftungsbedingungen zum Erschwernisausgleich
GL 5	Artenreiches Grünland
GVE	Großvieheinheiten
H	
ha	Hektar
I	
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
i.d.R.	in der Regel
K	
kg	Kilogramm
L	
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
N	
N	Chemisches Zeichen für Stickstoff
N ₂ O	Chemische Formel für Distickstoffmonoxid = Lachgas
NRW	Nordrhein-Westfalen

P

P	Chemisches Zeichen für Phosphor
p	Signifikanzwert
P ₂ O ₅	Chemische Formel für Phosphat
PFEIL	Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen 2014 bis 2020

S

s. o.	siehe oben
s. u.	siehe unten

T

T	Treatmentgruppe
TM	Teilmaßnahme
TN	Teilnehmer:in(nen)

W

WRRL-GW	Wasserrahmenrichtlinie Grundwasser
WRRL-OW	Wasserrahmenrichtlinie Oberflächengewässer

Z

z. B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

0 Zusammenfassung

Dieser Bericht befasst sich mit einigen der im Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen 2014 bis 2020 (PFEIL) angebotenen Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen (AUKM), die auf Reduzierung von Nährstoffüberschüssen in der Landwirtschaft sowie die Minderung von Ammoniak- und düngewebundenen Treibhausgasemissionen abzielen. Für diese Maßnahmen gibt es wenig empirische Evidenz zu ihrer Wirkung, da betriebliche Daten kaum verfügbar sind. Auch Maßnahmen mit anderen Schutzziele wie insbesondere der Ökologische Landbau können relevante Wirkungen auf die genannten Indikatoren entfalten und sind ebenfalls Gegenstand des Berichts.

Ziel dieser Studie ist es nun, die Wirkung relevanter Flächenmaßnahmen auf einzelbetriebliche Stickstoffbilanzen und den Stickstoffeinsatz als wesentliche Ursache für Lachgasemissionen zu schätzen. Dabei konnte wie schon zur Ex-post-Bewertung 2016 auf Daten aus Nährstoffvergleichen laut Düngerverordnung (DüV) zurückgegriffen werden, die im Rahmen der Fachrechtskontrollen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen erhoben wurden. Teilnehmende Betriebe an den Maßnahmen wurden durch die Anwendung von Matching-Verfahren mit einer Kontrollgruppe aus möglichst ähnlich strukturierten Betrieben ohne Förderung verglichen. Es wurden nur Vorhabenarten einbezogen, die gesamtbetriebliche Effekte erwarten lassen und für die teilnehmenden Betriebe in ausreichender Stichprobengröße im Datensample vertreten waren. Die Analysen sollen zur Schätzung der von der EU-Kommission vorgegebenen Programmwirkungsindikatoren zur Evaluierung von Wasser- und Klimaschutzwirkungen von PFEIL beitragen.

Alle analysierten Vorhabenarten erzielen gegenüber den jeweiligen Kontrollgruppen messbare Minderungseffekte bei den betrachteten Zielgrößen N-Bilanzsaldo und N-Input. Die Effekte sind beim Anbau winterharter Zwischenfrüchte (AL22), beim Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL5), bei der emissionsarmen Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (BV2), bei Teilnehmer:innen am Förderschwerpunkt Grünland (GL) und am Ökologischen Landbau (BV1/BV3) signifikant oder hochsignifikant. Beim Ökologischen Landbau fallen sie erwartungsgemäß besonders hoch aus. Beim Anbau von Zwischenfrüchten als Grundförderung (AL21) konnten zwar Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen berechnet werden, jedoch fiel vor allem aufgrund einer nur eingeschränkt geeigneten Kontrollgruppe der Effekt nicht signifikant aus. In allen Gruppenvergleichen konnten zudem in den teilnehmenden Betrieben ein höhere N-Effizienz nachgewiesen werden. Bei den drei Vorhabenarten mit Wasser- bzw. Klimaschutzziele (AL22, AL5, BV2) sowie beim Ökologischen Landbau liegen die Effekte am oberen Rand der in der Literatur angegebenen Wirkungsspannen. Die Effekte bei diesen Vorhabenarten werden vor allem über eine stringente Berücksichtigung der Stickstoffgehalte im Wirtschaftsdünger erzielt. Bei den Vorhabenarten mit Wasserschutzziel können die berechneten Effekte durch die über PFEIL angebotene Gewässerschutzberatung beeinflusst sein.

1 Einführung

Für die Evaluation der Wasserschutzwirkungen von ELER-Maßnahmen ist im gemeinsamen Bewertungsrahmen der EU-KOM (CMEF) unter anderem der Indikator ‚Nährstoffbilanzüberschuss‘ als Schätzwert für eine potenzielle Wasserverschmutzung vorgegeben (EU-KOM, GD AGRI, 2018). Er ist für Stickstoff (N) und Phosphor (P) zu erfassen. Daran anknüpfend wurde im Rahmen der Erstellung des Feinkonzeptes zum Bewertungsplan der laufenden Förderperiode vereinbart, ähnlich wie zur Ex-post-Evaluation der letzten Förderperiode (Roggendorf, 2016) durch Analyse betrieblicher Nährstoffbilanzsalden (Hoftor-/Flächenbilanz) die Wirkung einzelner Maßnahmen zu belegen. Als relevante Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen (AUKM) mit Wasserschutzzielen, die einen Einfluss auf betriebliche Nährstoffbilanzen erwarten lassen, sind entsprechende Analysen für den Anbau von winterharten Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 22), den Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) sowie den Ökologischen Landbau – Zusatzförderung Wasserschutz (BV 3) durchgeführt worden. Teilnehmer:innen an Cultanverfahren (AL 3) sind in den zur Verfügung stehenden Daten nicht vorhanden.

Auch für weitere ausgewählte flächenstarke AUKM ohne Wasserschutzziel (Zwischenfruchtanbau – Grundförderung (AL 21), ausgewählte Varianten des Förderschwerpunktes GL – Maßnahmen auf Dauergrünland wurden potenzielle Minderungseffekte auf Nährstoffbilanzsalden analysiert, um den Beitrag dieser Maßnahmen zu den Programmwirkungen schätzen zu können (vgl. Wirkungsfrage 28). Streifenmaßnahmen wie die Anlage von Uferrand- und Erosionsschutzstreifen, von Blüh- und Schonstreifen sowie von Vertragsnaturschutzmaßnahmen auf Ackerflächen begrenzen bzw. vermeiden zwar auflagenbedingt ebenfalls den Nährstoffeintrag auf den jeweiligen Förderflächen, allerdings sind aufgrund der meist geringen Betriebsflächenanteile dieser Art von Maßnahmen betriebliche Nährstoffbilanzen zum Wirkungsnachweis nicht geeignet.

Wenn infolge von Förderauflagen der Einsatz von Stickstoff reduziert wird, kann dies eine Verringerung von Treibhausgasemissionen zur Folge haben – konkret von Lachgasemissionen (N_2O). Die Verringerung von Lachgasemissionen wurde laut CMEF als Teilindikator zum Nachweis von Klimaschutzeffekten des ELER festgelegt.

Zur Abschätzung solcher Klimaschutzeffekte war im Feinkonzept der laufenden Förderperiode festgelegt worden, ebenfalls Methodik und Datenbasis der Auswertung von Nährstoffbilanzen zu nutzen (Fährmann et al., 2018). Aus diesem Grund werden im Folgenden neben den Indikatoren der Nährstoffbilanzen stets auch die Parameter für den Stickstoffeinsatz (Mineraldünger, organische Dünger und N-Input gesamt) ausgewertet. Als AUKM mit Klimaschutzziel ist die Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) zu nennen, für die im vorliegenden Bericht Einspareffekte bei der Stickstoffdüngung untersucht werden. Des Weiteren wurde versucht, neben den oben bereits erwähnten AUKM für die Einführung oder Beibehaltung des Ökolandbaus (M 11.1/2) entsprechende Minderungseffekte anhand der verfügbaren Daten zu schätzen.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: Nach einer Beschreibung der verwendeten Daten und Methoden (Kapitel 2) erfolgt eine nach Maßnahmen differenzierte Darstellung der Untersuchungsergebnisse (Kapitel 3). Im abschließenden Kapitel 4 werden Schlussfolgerungen gezogen.

2 Daten und Methoden

2.1 Daten

Betriebliche Daten standen aus Nährstoffvergleichen laut Düngeverordnung (DüV) zur Verfügung, die im Rahmen der Fachrechtskontrolle der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) erhoben wurden. Zur Verfügung gestellt wurden seitens der Düngbehörde in der LWK die Daten aus den Vor-Ort-Kontrollen aus dem Zeitraum 01.01.2014 bis 31.12.2017. Die Daten decken damit das Ende der vorangegangenen sowie den Beginn der laufenden Förderperiode ab. Für die durchgeführten Analysen wurden zum Teil nur Ausschnitte der Zeitreihe betrachtet, je nachdem, ob die analysierten Fördermaßnahmen weitgehend unverändert in der alten und neuen Förderperiode angeboten wurden (Bsp. Ökolandbau) oder aber neu konzipiert bzw. in Auflagen stark verändert wurden (Bsp. emissionsarme Ausbringung von Wirtschaftsdüngern).

Insgesamt handelt es sich um 2.153 Datensätze. Der Bilanzsaldo für Stickstoff und Phosphat (P_2O_5) gemäß DüV ist im Datensatz jeweils für ein Düngjahr angegeben. Neben den Salden enthält jeder Datensatz die laut Kammervorgaben zu erfassenden Bilanzparameter. Gemäß den Vorgaben der in diesem Zeitraum gültigen Düngeverordnung ist der Bilanzierungsansatz der Nährstoffvergleiche als Feld-Stall-Bilanz einzuordnen. Die Nährstoffvergleiche sind wie folgt auf die Jahre verteilt: 2013 20 %, 2014 25 %, 2015 22 %, 2016 33%.

Zusätzlich zu den Bilanzparametern sind seitens der Düngbehörde für jeden Datensatz wenige Betriebsparameter wie die Betriebsgröße (LF) sowie der Umfang der Acker- und Grünlandfläche angefügt. Da auch die Betriebsnummer zur Verfügung gestellt wurde,¹ konnten über InVeKoS weitere betriebsstrukturelle Parameter wie z. B. Angaben zu Tierhaltung (Anzahl Stallplätze für die Haupttierarten) ergänzt werden, um die Bildung von Vergleichsgruppen und Aussagen zur Repräsentativität der Stichprobe zu ermöglichen. Vor allem wurden aber Variablen zur Teilnahme an den verschiedenen Fördermaßnahmen zu jedem Datensatz hinzugefügt. Die Auswertung selbst erfolgte stets in aggregierten Betriebsgruppen (s.u.) und damit in anonymisierter Form.

¹ In fünf Datensätzen waren Betriebsnummern enthalten, die nicht in den InVeKoS-Daten enthalten sind, die der Evaluierung zur Verfügung gestellt worden sind.

Vor Beginn der eigentlichen Analyse wurden die Daten bereinigt und auf Plausibilität getestet.² Datensätze mit fehlenden Werten, wenig plausiblen Angaben (N-Abfuhr = 0) oder Extremwerten bei einzelnen Bilanzpositionen (besonders bei denen, die die Wirtschaftsdünger betreffen) blieben bei der Auswertung unberücksichtigt.

Zur Frage der generellen Verwendbarkeit des Datensamples wurden im TI stichprobenartig die Angaben einzelner Betriebe durch Verknüpfung mit Daten aus dem InVeKoS überprüft (Anbauflächen, Wirtschaftsdüngeraufkommen über eigenen Tierbestand, in Verbindung mit Statistikangaben auch zum Entzug über die Ernte).³ Vergleicht man die Angaben zur LF und zu Ackerflächen im InVeKoS mit den Daten der Fachrechtskontrolle, ergeben sich für die LF Abweichungen von mehr als 10 % bei knapp 9 % der Betriebe. In Bezug auf die Ackerfläche lag dieser Wert bei 15 % der Betriebe, wobei die stichprobenartigen Kontrollen zeigten, dass in den Nährstoffvergleichen häufig Ackergras oder Wechselgrünland unter Grünland statt als Ackerfläche verbucht worden ist. Die Plausibilität der Angaben erwies sich im Ergebnis aber als überwiegend zufriedenstellend, sodass die geplante Auswertung als belastbar beurteilt wird.

In der Stichprobe sind nach Bereinigung insgesamt 2.127 Datensätze mit Bilanzsalden enthalten, die aufgrund von Wiederholungsprüfungen 1.956 Betrieben entstammen, von denen 1.301 Betriebe an keiner Flächenmaßnahme teilnahmen (1.089 bei zusätzlichem Ausschluss von Betrieben, die an BV 2 teilgenommen haben)⁴. Die durchschnittliche Betriebsgröße im Datensample beträgt 93 ha bei einem Ackeranteil von 76 %. 42 % aller Datensätze weisen einen Ackeranteil von > 95 % auf, der Median liegt bei 90 %. Grünlandbetonte Betriebe sind damit deutlich unterrepräsentiert. Die Stichprobe unterscheidet sich in allen Parametern erheblich von der Grundgesamtheit aller Betriebe in Niedersachsen und Bremen, die 2016 eine mittlere Betriebsgröße von knapp 56 ha und einen Ackeranteil von 55 % aufweist (Median 66 %). Mehr als die Hälfte der Prüfungen fand auf Betrieben aus dem ehemaligen Bezirk Weser-Ems statt (1.136 Prüfungen, 1.041 Betriebe). Dies entspricht 4,8 % aller Betriebe dieser Region (bezogen auf InVeKoS 2015). Damit ist die Region deutlich überrepräsentiert. Hingegen ist der ehemalige Bezirk Hannover unterdurchschnittlich vertreten (2,3 %). Betriebe aus Bremen sind im Datensample nicht enthalten, da dort die LWK Niedersachsen für Fachrechtsprüfungen nicht zuständig ist.

Der mittlere Bilanzüberschuss aller Betriebe für Stickstoff liegt bei 28,3 kg N/ha (Median 29,8 kg N/ha), für Phosphat bei 11,3 kg P₂O₅/ha (Median 8,6 kg P₂O₅/ha). Die Mittelwerte der Stichprobe fallen damit deutlich niedriger aus als die der vergleichbaren Stichprobe des Kontroll-

² Z. B. wurde bei Prüffällen, die doppelt erfasst waren, aber z. T. unterschiedliche Angaben bei den Bilanzparametern enthielten, nur der Datensatz mit den plausibelsten Angaben für die Auswertungen herangezogen.

³ Eine umfassende Plausibilitätsprüfung des Bilanzsaldos ist über InVeKoS-Daten nicht möglich. Insbesondere zu Betrieben mit umfangreichen Im- oder Exporten von Wirtschaftsdüngern fehlen entscheidende Angaben.

⁴ Streifenmaßnahmen, die wenig in Anspruch genommen wurden, meist nur geringe Anteile an der Ackerfläche teilnehmender Betriebe ausmachen und faunistischen Zielen oder dem Erosionsschutz dienen, sind nicht angerechnet worden.

zeitraums 2007 bis 2012 (vgl. Roggendorf, 2016). Vergleichbare Datensätze aus anderen Bundesländern (z. B. aus NRW) weisen z. T. ein deutlich geringeres Durchschnittsniveau auf, was teilweise auf die Unterschiede bei den Vorgaben der Düngebehörden der Länder bezüglich hinsichtlich Umsetzung des laut DüV vorgegebenen Bilanzierungsverfahrens für die Nährstoffvergleiche zurückzuführen ist (vgl. auch Machmüller und Sundrum, 2014).

Aus dem Datensatz geht nicht hervor, welche Betriebe nach Risikokriterien und welche als Zufallsstichprobe geprüft wurden. Im Fokus der Kontrollen lagen Betriebe, die Wirtschaftsdünger ausbringen. Nur 339 Prüfungen fanden auf Betrieben ohne Tierhaltung statt (325 Betriebe). 1.108 Betriebe (1.185 Prüfungen) haben Wirtschaftsdünger aufgenommen (Quote landesweit 2016: rund 45 %), davon 946 mit N aus eigener Tierhaltung und 335 mit zusätzlicher Aufnahme von Sekundärrohstoff-Düngern. Insgesamt haben 715 Prüfungen auf 684 Betrieben stattgefunden, bei denen die Aufnahme von Sekundärrohstoff-Dünger verbucht war (landesweite Quote für die Ausbringung von Klärschlamm: 4 % aller Betriebe), bei 575 Betrieben zusätzlich zur eigenen Tierhaltung.

Im Datensample sind Betriebe des Ökologischen Landbaus unterrepräsentiert (nur über die Zufallsauswahl einbezogen). Insgesamt waren nur 25 Betriebe des Ökolandbaus zu finden, davon 22 mit passendem Nährstoffvergleich. Unter diesen sind sieben Betriebe, die an der Zusatzförderung für den Wasserschutz teilnehmen, allerdings nur fünf, die zum Zeitpunkt der Aufstellung des Nährstoffvergleichs schon an der Förderung teilgenommen haben.

2.2 Methode

Im Sinne der EU-Forderung nach rigorosen Methoden in der Evaluation wird ein kontrafaktischer Ansatz verwendet. Dabei werden für Betriebe, die an einer Maßnahme teilnehmen (die sogenannte Treatmentgruppe), Betriebe gesucht, die in allen relevanten Faktoren außer der Programmteilnahme möglichst identisch sind (Kontrollgruppe). Letztere stellen somit die Situation ohne Teilnahme für die teilnehmenden Betriebe dar (kontrafaktische Situation). Bei den vorliegenden Daten, die nicht randomisiert erhoben wurden, ist kein direkter Vergleich von Teilnehmer:innen (TN) mit Nicht-Teilnehmer:innen sinnvoll. Die Gruppen unterscheiden sich in einigen Parametern, die auch einen Einfluss auf die untersuchten Zielgrößen haben.

Es wird daher versucht, über Matching-Verfahren zu den maßnahmenbezogenen Teilnehmer:innen anhand spezifischer Auswahlvariablen im Datensample möglichst ähnliche Betriebe zu selektieren. Die Auswahlvariablen werden aus dem bestimmenden Wirkungsansatz der Maßnahme abgeleitet. Bei Maßnahmen, die z. B. darauf abzielen, den Mineraleinsatz zu senken, wird das Nährstoffaufkommen über Wirtschaftsdünger (aus der Tierhaltung und/oder aus Im-/Exporten) neben Betriebsgrößenvariablen (LF sowie der Anteil der Ackerfläche an der LF) für die Selektion vergleichbarer Betriebe herangezogen. Verglichen wurden zumeist Bilanzergebnisse aus dem gleichen Düngejahr. Nur wenn bei großen Treatmentgruppen die Zahl möglicher Matchingpartner zu

gering wurde, konnten Vergleichsbetriebe auch aus anderen Kontrolljahren gezogen werden. Weitere Details zu den verwendeten Auswahlvariablen sind in den Abschnitten zu den Ergebnissen der einzelnen Maßnahmen zu finden.

Die „Ähnlichkeit“ der Betriebe wird über eine gewichtete Funktion der oben genannten Auswahlvariablen für jeden Betrieb bestimmt. Zur Messung der „Ähnlichkeit“ wird die euklidische Distanz verwendet. Dem teilnehmenden Betrieb werden die am wenigsten entfernten Betriebe (1-3, abhängig von der Größe der Treatmentgruppe) aus der Gruppe der Nichtteilnehmer:innen zugeordnet. Dieser Vorgang wird allgemein als Matching bezeichnet. Zur Vermeidung von Verzerrungen in der Schätzung des Effektes können Betriebe aus der Kontrollgruppe mehreren teilnehmenden Betrieben zugewiesen werden.

Zur Überprüfung der Güte des Matchingverfahrens werden der Unterschied in den standardisierten Mittelwerten und das Varianzverhältnis nach dem Matching herangezogen. Die beiden Gruppen stimmen vollkommen überein, wenn der Unterschied in den standardisierten Mittelwerten null und das Varianzverhältnis gleich eins ist. Es gibt keinen formalen Test für diese Statistiken, und es können daher keine formalen Rückschlüsse gezogen werden. Es gibt in der Literatur auch keinen Konsens über die Höhe der Abweichungen, die noch als akzeptabel gelten. In den folgenden Analysen wird davon ausgegangen, dass eine Abweichung von weniger als 10 % auf gut vergleichbare Gruppen schließen lässt (s. Normand et al., 2001). Zusätzlich werden die standardisierten Mittelwerte einem t-Test unterzogen. Abschließend wird der Effekt einer Maßnahme als durchschnittliche Differenz der Zielgrößen (N-Bilanzsaldo, mineralische Stickstoffdüngermenge, N-Input Gesamt und Phosphat-Bilanzsaldo) bei Teilnehmer:innen und den jeweils zugeordneten Betrieben aus der Kontrollgruppe berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Maßnahmen mit Wasser- oder Klimaschutzziel

3.1.1 Anbau von winterharten Zwischenfrüchten oder Untersaaten (AL 22)

Die Förderung des Anbaus von winterharten Zwischenfrüchten oder Untersaaten ist mit einem Wasserschutzziel verbunden. Sie wird Betrieben gewährt, die zum Zeitpunkt der Antragstellung und im ersten Verpflichtungsjahr mindestens 25 % oder mindestens 10 ha ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Zielkulisse der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL-GW oder WRRL-OW) oder innerhalb von Trinkwassergewinnungsgebieten in Niedersachsen oder Bremen bewirtschaften. Die Betriebe, die diese Kriterien erfüllen, können auch an der spezifischen Gewässerschutzberatung des PFEIL (TM 1.2), je nach Lage auch an der Intensivberatung in den Trinkwasserkooperationen teilnehmen. Beide Fördermaßnahmen zusammen werden von der zuständigen Fachverwaltung als ein gemeinsames Instrument zur Erreichung der Wasserschutzziele angesehen. Uns liegen keine

Informationen darüber vor, welche Betriebe im Datensample an den Beratungsmaßnahmen teilgenommen haben. Ein ggf. in der vorliegenden Analyse gefundener Maßnahmeneffekt kann also in Teilen auf den Einfluss der Beratung zurückzuführen sein. Auf Grundlage der verfügbaren Daten lassen sich AUKM- und Beratungseffekt also nicht voneinander trennen.

Die Analyse der Maßnahmenwirkung auf den N-Saldo ist angelehnt an den in der Ex-post-Bewertung durchgeführten Wirkungsnachweis für die Förderung von Zwischenfrüchten und Untersaaten in der letzten Förderperiode. Prüfhypothese ist wieder, dass Teilnehmer:innen die in der Winterbegrünung konservierten N-Mengen in den folgenden Stickstoffgaben berücksichtigen, wie es die DüV mittlerweile ja vorschreibt. Da eine Wirkung auf betriebliche N-Bilanzen nur bei ausreichend großem Förderflächenanteil zu erwarten ist, konzentriert sich die Auswahl der Teilnehmer auf Betriebe mit einem Anteil der geförderten Zwischenfrucht an der Betriebsfläche von mehr als 30 %. Wie schon für den Ex-post-Bericht 2016 werden die Anbauvarianten Zwischenfruchtanbau und Untersaaten zusammengefasst, da keine Daten zu deren Unterscheidung vorliegen. Es wurden nur Betriebe in die Treatmentgruppe mit einbezogen, die in der laufenden Förderperiode, also 2015 und/oder 2016 an der Maßnahme teilgenommen haben.

Um den Effekte gerade für die Mineraldüngung isolieren zu können, wurde bei der Bildung der Vergleichsgruppen neben der LF und dem Ackeranteil als bilanzbeeinflussende Variablen das Aufkommen des gesamten Wirtschaftsdüngers inklusive der eingesetzten Sekundärrohstoffdünger gleichgesetzt und der Entzug durch Ernte als Auswahlkriterien für ähnliche Betriebe herangezogen (vgl. Tabelle A2 im Anhang). Über das Matching ergeben sich nicht vollständig homogene Vergleichsgruppen, da die Abweichung in den standardisierten Mittelwerten und im Varianzverhältnis nur bei einigen Kontrollvariablen unter 10 % liegen. Bei der Bilanzposition zum Wirtschaftsdünger-Input weist zwar die Treatmentgruppe leicht höhere Werte auf als die Kontrollgruppe, im gepaarten t-Test zeigt sich aber kein signifikanter Unterschied. Bei der durchschnittlichen Betriebsgröße sind die Unterschiede aber größer und dann auch signifikant.

Insgesamt werden im Matching 27 teilnehmende Betriebe gefunden (von 33 möglichen) mit einem mittleren Förderflächenanteil an der LF von rund 40 %. Zwei Drittel der Betriebe in der Stichprobe befinden sich im Bezirk Weser-Ems (insgesamt 18). Die teilnehmenden Betriebe weisen eine mittlere LF von knapp 90 ha und einen mittleren Ackeranteil von 92 % auf. Damit liegt die Stichprobe bei der Betriebsgröße deutlich unterhalb der Grundgesamtheit aller teilnehmenden Betriebe in 2015 (LF=99 ha), hingegen ist der Ackeranteil in der Grundgesamtheit etwas geringer (87 %). In der Treatmentgruppe befinden sich sechs Betriebe, die 2015 auch an der Förderung von AL 5 teilgenommen haben. Die Betriebe der Treatmentgruppe zeichnen sich im Mittel durch einen hohen Maisanteil in den Anbaujahren 2015 und 2016 aus (55 % bzw. 51 % der Ackerfläche), was aber in etwa auch dem Wert in der Grundgesamtheit entspricht.

Ergebnis des Gruppenvergleichs

Die Vergleichsgruppen zeigen hinsichtlich der Bilanzparameter deutliche und signifikante Unterschiede. Der N-Saldo fällt bei den Teilnehmer:innen um knapp 20 kg N/ha geringer aus als in der

Kontrollgruppe (vgl. Tabelle A1 im Anhang). Die Treatmentgruppe liegt dabei mit einem mittleren N-Saldo von rund zwei kg N/ha innerhalb des Bilanzspektrums weit unterhalb des Mittelwertes aller N-Bilanzen in der Stichprobe. Der trotz Matching etwas höhere N-Input über Wirtschaftsdünger in der Gruppe der Teilnehmer:innen wird dadurch kompensiert, dass die Differenz beim Einsatz von Stickstoff über Mineraldüngern mit 24 kg N/ha gegenüber der Kontrollgruppe noch höher ausfällt als die des N-Saldos. Damit kann die Prüfhypothese vollumfänglich bestätigt werden.

Der Minderungseffekt beim N-Input insgesamt entspricht mit ebenfalls 20 kg N/ha dem beim N-Saldo. Da beim N-Entzug über die Ernte die Gruppe sehr hohe Übereinstimmung aufweisen, fällt auch die Effizienz des Stickstoffeinsatzes in der Treatmentgruppe deutlich besser aus als die der Kontrollgruppe. Bei Konzentration der Analysen auf Teilnehmer:innen, die nicht gleichzeitig die Förderung des Verzichtes auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) in Anspruch genommen haben, fallen die Minderungseffekte sogar noch höher aus. Die größte Differenz zwischen den Vergleichsgruppen ergibt sich beim Phosphat-Bilanzsaldo. Allerdings ist aufgrund der breiten Streuung der Ergebnisse der Effekt nicht signifikant (vgl. Tabelle A1 im Anhang).

Mit den durchgeführten Analysen können also signifikante Minderungseffekte bei Teilnehmer:innen an der Förderung des Anbaus winterharter Zwischenfrüchte aufgezeigt werden. Dies war bei der Auswertung zur Ex-post-Bewertung 2016 aufgrund eines zu geringen Stichprobenumfangs noch nicht möglich. Bezieht man die aufgezeigten Ergebnisse dann noch über eine Verhältnisrechnung alleinig auf die Förderfläche, kann abgeleitet werden, dass der mittlere Minderungseffekt für die AUKM AL 22 wohl deutlich höher anzusetzen ist als der der Basisförderung über AL 21 und im obersten Bereich oder sogar über der von Osterburg und Runge (2007) angegebenen Wirkungsspanne eingeordnet werden muss. Da aber wie aufgezeigt nicht ermittelt werden kann, ob die aufgezeigten Ergebnisse in Teilen auch auf Wasserschutzberatungen zurückzuführen sind, wird konservativ für die Schätzung zur Minderung des Stickstoffsaldos sowie für den N-Input und der daraus resultierenden Lachgasemissionen auf Programmebene von einem mittleren Effekt von 25 kg N/ha ausgegangen (vgl. auch eDFB 2019: Grajewski et al., 2019).

3.1.2 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5)

Auch die Förderung des Verzichtes auf Bodenbearbeitung nach Mais ist mit einem Wasserschutzziel verbunden und richtet sich an Betriebe in der unter 3.1.1 bereits genannten Zielkulisse. Sie zielt auf die Reduzierung der Stickstoffmineralisation im Herbst und Winter und der damit verbundenen Stickstoffauswaschung durch Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais bei nachfolgendem Anbau einer Sommerung. Auch für diese AUKM gilt wieder, dass ein ggf. belegbarer Maßnahmeneffekt nicht klar zu trennen ist von den Beratungsaktivitäten in der Zielkulisse.

Ähnlich wie beim Anbau von Zwischenfrüchten ist die Prüfhypothese, dass Teilnehmer:innen die über den Winter in Pflanzenresten und im Boden konservierte N-Mengen in den folgenden Stickstoffgaben berücksichtigen. Da sich die Maßnahme vor allem an Betriebe mit einer reinen

Maisfruchtfolge richtet, wurde insbesondere der Anteil der Maisanbaufläche für die Auswahl der Kontrollgruppe herangezogen. Es wurden nur Betriebe für die Analyse selektiert, die 2015 einen Maisanteil von > 50 % an der LF aufwiesen und in den Jahren 2014, 2015 oder 2016 eine Förderung in Anspruch genommen haben. Daneben wurden in Analogie zur AUKM AL 22 bei der Bildung der Vergleichsgruppen der Ackeranteil, das Wirtschaftsdüngersaldo inklusive der Sekundärrohstoffdünger sowie der Entzug über die Ernte als Auswahlkriterien für die Vergleichsgruppenbildung herangezogen (vgl. Tabelle A4 im Anhang).

Aus dem Datensample wurden so 30 Betriebe für die Treatmentgruppe selektiert. Mit einer mittleren LF von 107 ha, einem Ackeranteil von 92,5 % und einem Maisanteil an der Ackerfläche von 65 % unterscheidet sich die Stichprobe nur graduell von der Grundgesamtheit teilnehmender Betriebe im Jahr 2015 (LF gut 117 ha, Ackeranteil rund 86 %, Maisanteil 61 %), weist aber ähnliche Betriebsstrukturen auf. Von den Teilnehmern in der Stichprobe nehmen rund 55 % auch die Förderung des Anbaus von Zwischenfrüchten oder Untersaaten in Anspruch (Grundförderung und/oder Zusatzvariante Wasserschutz). In der Grundgesamtheit liegt der Anteil dieser AUKM-Kombinierer sogar bei knapp 60 %. Um die Wirkung der Maßnahme AL 5 isolieren zu können, wurde eine separate Auswertung mit einer Stichprobe durchgeführt, deren Betriebe ausschließlich auf Bodenbearbeitung nach Mais verzichtet haben. Allerdings sind Auswertungen auf Basis dieser Stichprobe mit nur 14 Beobachtungen statistisch weniger belastbar.

Nach dem Matching zeigen sich im t-Test bei den Auswahlvariablen keine signifikanten Gruppenunterschiede, auch wenn die Gruppen beim Maisanteil leicht voneinander abweichen, sowohl bei den standardisierten Mittelwerten als auch bei der Varianz mehr als 10 %. Größer ist der Unterschied beim N-Aufkommen aus der eigenen Tierhaltung. Allerdings sind der Wirtschaftsdüngerinput im Saldo wie auch der Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern und damit beide zentralen Kontrollvariablen sehr ähnlich.

Ergebnis des Gruppenvergleichs

Auch bei dieser Maßnahme lassen sich deutliche Minderungseffekte im Hinblick auf den N-Bilanzüberschuss und die mineralischen N-Düngung feststellen. Diese fallen noch etwas höher aus als beim Anbau winterharter Zwischenfrüchte. Der um 24 kg N/ha niedrigere N-Saldo ergibt sich fast komplett aus der in gleichem Umfang geringeren N-Mineraldüngung, in beiden Fällen hoch signifikant. Da die N-Zufuhr über organische Dünger und der Entzug über die Ernte in den Vergleichsgruppen eine ähnliche Größenordnung aufweist, beläuft sich auch der ebenfalls hoch signifikante Minderungseffekt beim N-Input auf rund 23 kg N/ha. Die Annahmen der Prüfhypothese konnte also auch in diesem Fall bestätigt werden. Aus dem gleichen Grund aber sind für Phosphat beim Bilanzsaldo keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Wie deutlich die Teilnehmer bei den Mineraldüngergaben eingespart haben, zeigt der Vergleich mit allen Beobachtungen im Datensample der Fachrechtskontrolle. Der mittlere N-Bilanzüberschuss der Stichprobe liegt mit knapp 8 kg N/ha etwa auf dem 33 %-Niveau, während der Input an

organischem Stickstoff sich bei den Teilnehmer:innen im obersten Quartil des gesamten Datensamples bewegt. Konzentriert man die Analyse auf die 14 Beobachtungen, die ausschließlich auf Bodenbearbeitung nach Mais verzichten (s.o.), werden die Differenzwerte im Gruppenvergleich sogar noch größer, jeweils mit einfacher Signifikanz (N-Saldo und N-Input jeweils 27 kg N/ha, N-Mineraldüngung 29,7 kg N/ha)

Geht man davon aus, dass die genannten Werte nur durch die Förderfläche entstehen (Anteil in der Stichprobe bei knapp 31 %), ergibt sich für jeden einzelnen Hektar geförderter Fläche ein noch deutlich höherer Minderungseffekt. Da aber – wie schon bei der Förderung winterharter Zwischenfrüchte – nicht klar ist, ob bei der ermittelten Wirkung auch ein Beratungseffekt zum Tragen kommt, wird von einer Umrechnung auf den Hektar Förderfläche abgesehen. Für die Schätzung der Minderung des N-Saldos und der Lachgasemissionen auf Schwerpunktbereichs- und Programmebene im erweiterten Durchführungsbericht wurde pauschal jeweils im Mittel von 25 kg N/ha Minderungseffekt durch Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais im Herbst ausgegangen (vgl. auch eDFB 2019: Grajewski et al., 2019). Den N-Saldo betreffend liegt dieser Wert deutlich über den bei Osterburg und Runge (2007) angegebenen mittleren Schätzwert von 5 kg N/ha. Auch die von Osterburg und Runge angegebene Wertespanne von 0 – 10 kg N/ha scheint deutlich zu gering zu sein.

3.1.3 Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2)

Gefördert wurde die emissionsarme und Gewässer schonende Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger über Schleppschuh-, Schlitz- oder Injektionstechnik sowie Kombigeräte (Güllegrubber). Die Förderung von BV 2 erfolgte nur für die auf dem Betrieb in Niedersachsen bzw. Bremen erzeugten flüssigen Wirtschaftsdünger. Als flüssiger Wirtschaftsdünger gelten Gülle oder aus Gülle gewonnene Gärreste. Teilnahmeanträge konnten nur einmalig in 2014 gestellt werden.

Die Förderung der emissionsarmen Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger zielte in erster Linie auf die Verminderung von Ammoniakemissionen und den damit verbundenen indirekten Treibhausgasemissionen. Indirekt sollen die vermiedenen Emissionen aber auch dazu beitragen, den Aufwand an Stickstoffdünger zu reduzieren, woraus sich sowohl eine zusätzliche Klimaschutzwirkung als auch eine Minderung der Stickstoffüberschüsse ergeben kann. Für den Wirkungsnachweis dieser Maßnahme ist daher zu prüfen, ob durch die verlustärmere Ausbringung der flüssigen Wirtschaftsdünger bei den teilnehmenden Betrieben Reduktionseffekte auf Seiten des Nährstoffinputs festzustellen sind, vor allem bei der Mineraldüngung. Als Auswahlvariablen beim Matching werden daher neben dem Ackeranteil der Betriebe das Aufkommen betrieblicher Wirtschaftsdünger und die Entzüge über die Ernte als Proxy für die Ertragserwartung herangezogen. Die geförderten Ausbringungstechniken unterscheiden sich im Hinblick auf die Emissionsfaktoren erheblich von denen in der Förderperiode 2007 bis 2013, in der eindeutig die Schleppschlauchtechnik im Vordergrund stand. Mit der ab 2014 förderfähigen Technik können deutlich höhere Minderungseffekte erzielt

werden. Aus dem Datensample der Nährstoffvergleiche werden daher nur Beobachtungen aus den Jahren 2015 und 2016 für die Wirkungsanalyse genutzt.

Für die genannten Bilanzjahre sind 195 Teilnehmer:innen an dieser AUKM zu finden, für 191 Betriebe konnte entsprechende Matchingpartner gefunden werden. Die Betriebe dieser Stichprobe weisen einen Ackerlandanteil von 86 % bei einer mittleren Betriebsgröße von 102 ha auf. Mit diesen Werten bildet die Stichprobe relativ gut die Grundgesamtheit aller Teilnehmer:innen in 2016 ab, die im Durchschnitt eine LF von im Mittel 101 ha bewirtschaften, auch deren Ackeranteil ist mit 84 % ähnlich dem der Stichprobe. Auch die mittlere Besatzdichte liegt mit 2,4 Großvieheinheiten (GVE) pro ha leicht unterhalb der Grundgesamtheit.

Bei den teilnehmenden Betrieben handelt es sich um solche mit einem vergleichsweise hohen Aufkommen an organischem Dünger aus der Tierhaltung (128 kg N/ha im Vergleich zu 108 kg N/ha als Mittelwert aller Betriebe im Datensample). Bei den N-Überschüssen liegt mit rund 18 kg N/ha das Gruppenmittel der teilnehmenden Betriebe aber um 10 kg/ha unter dem Durchschnitt aller Betriebe im Datensatz (gut 28 kg N/ha, Median knapp 30 kg N/ha). Es handelt sich um 97 Schweinehalter (51 %), 49 reine Futterbau- (26 %) und 44 Gemischtbetriebe. 72 % der Betriebe in der Stichprobe liegen im Bezirk Weser-Ems.

Über das Matching konnten insgesamt gut vergleichbare Gruppen gebildet werden. Gemessen an den Mittelwerten und dem Varianzverhältnis bei Ackeranteil, beim Einsatz von Stickstoff aus organischen Düngern und den Ernteentzügen stimmt die Kontrollgruppe mit den Teilnehmerbetrieben überein. Hinsichtlich der Menge ausgebrachten organischen Stickstoffs sind beide Gruppen also sehr ähnlich. Wenngleich sich die Treatmentgruppe durch deutlich höheres Aufkommen organischer Dünger aus der Tierhaltung auszeichnet, wird dieses aber durch eine höhere Exportmenge organischer N-Dünger ausgeglichen. Hingegen konnte in keiner Analysevariante erreicht werden, die beiden Gruppen bezüglich des Importes von Stickstoff über Sekundärrohstoffdünger vergleichbar zu machen. Allerdings ist der Unterschied (6 kg N/ha) nicht signifikant.

Ergebnis des Gruppenvergleichs

Zwischen den so gebildeten Vergleichsgruppen können auch für diese Maßnahme signifikante Unterschiede bei allen Testparametern gefunden werden. Der N-Bilanzsaldo fällt bei teilnehmenden Betrieben signifikant um 8,5 kg N/ha geringer aus (vgl. Tabelle A5 im Anhang). Die N-Zufuhr über Mineraldünger liegt bei den Teilnehmer:innen sogar gut 14 kg N/ha und damit sogar hoch signifikant unter der der Kontrollgruppe. Auch bei Förderung emissionsarmer Wirtschaftsdüngerausbringung lässt sich also die Prüfhypothese bestätigen. Dass die teilnehmenden Betriebe den N-Input über die Mineraldüngung reduzieren, kann als Beleg für einen bewussteren und gezielteren Einsatz des organischen Stickstoffs angesehen werden. Offenbar werden bei den Teilnehmer:innen die N-Gehalte organischer Dünger inklusive der reduzierten gasförmigen Verluste durch emissionsarme Ausbringung besser in der Düngeplanung berücksichtigt als in den Betrieben der Kontrollgruppe.

Wegen der Unterschiede beim Import an Sekundärrohstoffdüngern fällt die insgesamt ausgebrachte N-Menge dann nur um gut 7 kg N/ha geringer aus als in der Kontrollgruppe. Auf den Phosphatsaldo hat die Maßnahme keinen Einfluss.

Laut der Analyse von Ausbringungsbelegen des Jahres 2016 für die Berechnung der eingesparten Ammoniakemissionen (vgl. Grajewski et al., 2019) werden in der Teilnehmergruppe flüssige Wirtschaftsdünger auf durchschnittlich 57 % der bewirtschafteten Fläche (LF) ausgebracht. Ausgehend von diesem Anteil kann eine theoretische Minderungswirkung pro Hektar Förderfläche von rund 15 kg N/ha beim N-Saldo und 25 kg N/ha beim Mineraldüngereinsatz berechnet werden. Ob dieser Anteilwert tatsächlich für alle Förderjahre zutrifft und der Minderungseffekt tatsächlich nur auf der Ausbringungsfläche generiert wird oder ggf. eher durch einen insgesamt bewussteren Umgang mit Wirtschaftsdüngern entsteht, kann anhand der vorliegenden Daten nicht beurteilt werden. Daher werden für weitere Berechnungen der Maßnahmenwirkung auf Programmebene die oben dargestellten gesamtbetrieblichen Minderungswirkungen genutzt und dementsprechend jeweils auf die gesamte LF der Betriebe bezogen.

3.1.4 Ökologischer Landbau – Grundförderung (BV 1) und Zusatzförderung Wasserschutz (BV 3)

Die Förderung des Ökologischen Landbaus ist nur bei Zusatzförderung einer besonders grundwasserschonenden Bewirtschaftung (BV 3) mit einem Wasserschutzziel verbunden. Ökobetriebe mit Flächen in der o.a. Zielkulisse des Wasserschutzes erhalten zusätzlich 115 Euro/ha, wenn sie über die Auflagen nach Ökoanbauverordnung hinaus das Wirtschaftsdüngeraufkommen insgesamt (inklusive Im- und Exporte) auf 80 kg/ha Gesamtstickstoff begrenzen und Leguminosenbestände nur umbrechen, wenn eine Folgekultur innerhalb von vier Wochen angebaut wird. Da aber zu wenig Förderfälle für BV 3 im Datensample vorhanden sind (s.o.), wird im Folgenden der Effekt des Ökolandbaus generell bestimmt und eine zusammengefasste Teilnehmergruppe aus Betrieben gebildet, die die Zusatzförderung oder nur die Grundförderung in Anspruch nehmen. Damit soll der Minderungseffekt der Basisförderung bestimmt werden, den BV 3-Teilnehmer ohnehin erreichen. Zusätzlich werden im Mit-Ohne-Vergleich auch die fünf Teilnehmer der Zusatzförderung solo betrachtet. Zwar sind für diese aufgrund der geringen Zahl keine statistisch belastbaren Aussagen möglich, dennoch sollen ggf. vorhandene Unterschiede aufgezeigt werden.

Der Ökologische Landbau unterscheidet sich im Hinblick auf Nährstoffflüsse grundsätzlich von der konventionellen Wirtschaftsweise. Systembedingt zeichnet er sich durch wesentlich geringere Inputs pro Flächeneinheit und entsprechend geringere Nährstoffoutputs über pflanzliche und tierische Produkte aus. Um dies nachzuweisen, kommen folglich nur wenige der Variablen im Datensample für die Bildung einer Kontrollgruppe in Frage. Zum Beispiel wurde auf eine Einbeziehung des Nährstoffaufkommens über Wirtschaftsdünger aus der eigenen Tierhaltung als Auswahlvariable verzichtet, da dieser Parameter im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben systembedingt niedriger ausfallen muss. Als Auswahlvariablen werden daher neben dem Düngjahr

nur die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) als Maß für die Betriebsgröße und der Ackeranteil genutzt. Außerdem wurde im Matching festgelegt, dass nur Rinder haltende Betriebe bzw. nicht Rinder haltende Betriebe und in einer weiteren Auswertungsvariante Betriebe einer Region⁵ zusammengeführt werden.

Es befinden sich 20 ökologisch wirtschaftende Betriebe in der Stichprobe, von denen zwei jeweils in 2015 und 2017 geprüft wurden (entspricht 22 Prüffälle). Unter den Teilnehmern haben fünf im Bilanzjahr zusätzlich an der Zusatzförderung Wasserschutz teilgenommen sowie drei Betriebe an der Förderung des Zwischenfruchtanbaus (AL 21), einer davon auch an der Förderung winterharter Zwischenfrüchte (AL 22), und zwei an der Förderung emissionsarmer Wirtschaftsdüngerausbreitung. Bei der räumlichen Verteilung überwiegen eindeutig Teilnehmer aus dem ehemaligen Bezirk Lüneburg (13 Betriebe), vier sind in Weser-Ems und drei Betriebe im Bezirk Hannover ansässig. Nach dem Matchen liegen die Abweichung in den standardisierten Mittelwerten und im Varianzverhältnis unter 10 %, sodass man von gut vergleichbaren Gruppen ausgehen kann. Dies lässt sich auch durch einen Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen der Kontrollvariablen illustrieren (siehe Tabelle A8 im Anhang).

Die höhere Zahl an Stallplätzen in der Kontrollgruppe spiegelt die höhere Intensität in der Tierproduktion auf konventionellen Betrieben wider. Unter den ökologisch wirtschaftenden Betrieben finden sich 13 Rinderhalter:innen (sechs Milchviehhalter:innen), zwei Betriebe mit Schweinehaltung, ein Betrieb mit gemischtem Tierbestand und ein Pferdehalter. Drei Betriebe wirtschaften viehlos. Der Stickstoffanfall aus der eigenen Tierhaltung liegt im Schnitt bei 35 kg N/ha, z.T. und gerade bei viehlosen Betrieben findet aber ein Nährstoffimport statt. Der Wirtschaftsdüngersaldo liegt in der Stichprobe bezogen auf den Stickstoff bei einem Mittelwert von 43,3 kg N/ha (Median 33,0 kg N/ha), nur drei Betriebe weisen einen Saldo oberhalb der Auflage für die BV 3-Teilnahme auf. Zwei der teilnehmenden Betriebe an der Grundförderung sind nach dem Prüftermin in die Zusatzförderung eingestiegen.

Die 20 Teilnehmer:innen haben einen Ackerflächenanteil von 56 % bei einer mittleren Betriebsgröße von gut 102 ha. Damit unterscheiden sich diese Betriebe hinsichtlich der LF und des Ackerflächenanteils deutlich von allen im Jahr 2016 geförderten Ökobetrieben. Der Ackerflächenanteil der Grundgesamtheit aus 2016 liegt bei 34 % mit einer durchschnittlichen LF von rund 63 ha. Es handelt sich bei Ökolandbau-Teilnehmer:innen in Niedersachsen und Bremen also überwiegend um eher grünlandbetonte Betriebe (37 % ohne Ackeranteil) mit Raufutterverwertern, zumeist in Form der Rinderhaltung (2016: ca. 50 %).

⁵ Zur regionalen Zuordnung wurden den Teilnehmer:innen Kontrollbetriebe aus dem gleichen Kreis oder – um genügend Matchingpartner zu finden – auch aus Nachbarkreisen zugeordnet.

Ergebnis des Gruppenvergleichs

Bei der ökologischen Wirtschaftsweise fällt der N-Bilanzsaldo der Stichprobenbetriebe um knapp 80 kg N/ha geringer aus als in der Kontrollgruppe. Der geschätzte Effekt ist hoch signifikant, das 95 %-Konfidenzintervall liegt zwischen 63 und 95 kg N/ha (vgl. Tabelle A7 im Anhang). Die Ökolandbaubetriebe weisen somit in der Feld-Stall-Bilanz deutlich negativere Werte auf als konventionelle Vergleichsbetriebe. In Bezug auf den N-Bilanzsaldo fallen die Gruppenunterschiede damit noch deutlicher aus als in der Auswertung zur Ex-post-Bewertung der vorangegangenen Förderperiode (vgl. Roggendorf, 2016). Auch auf den P-Bilanzsaldo hat die ökologische Wirtschaftsweise einen signifikanten Einfluss. Der Saldo liegt im Mittel um gut 12 kg P₂O₅/ha (95 %-Konfidenzintervall zwischen 1 und 23 kg P₂O₅/ha) niedriger als in der Kontrollgruppe.

Die Unterschiede in der N-Bilanz ergeben sich durch einen wesentlich geringeren N-Input im Ökolandbau (mittlere Differenz 158 kg N/ha). Neben der i. d. R. nicht verbuchten N-Mineraldüngung weisen ökologisch wirtschaftende Betriebe erwartungsgemäß einen geringeren Anfall organischen Stickstoffs aus der eigenen Tierhaltung auf (vgl. Tabelle A8 im Anhang). Auf der anderen Seite fällt auch die N-Abfuhr über die Ernte im Ökologischen Landbau mit im Mittel -118 kg N/ha geringer aus als auf den Vergleichsbetrieben (-197 kg N/ha). Dabei können die erheblich geringeren Zufuhren die geringeren Abfuhr nicht ausgleichen, wodurch sich deutlich negative Bilanzsalden von -66 kg N/ha ergeben. Der mittlere N-Bilanzsaldo der Ökobetriebe liegt damit im Bereich der untersten 5 % aller Betriebe im Datensample. Insgesamt ist aber die N-Effizienz pro Hektar (Verhältnis Output zu Input) im Ökolandbau deutlich besser. Bei Einbeziehung des Landkreises als zwingender Matchingpartner kommen noch höhere Effekte zustande, aber die Differenzen bei den Gruppenmerkmalen werden größer, da auf der regionalen Ebene schwieriger wirklich gut vergleichbare Betriebe zu ermitteln sind.

Der berechnete Unterschied im Bilanzsaldo ist – wie dargestellt – durch die vorgegebene Methodik der zum Erhebungszeitpunkt geltenden DüV als Resultat einer Feld-Stall-Bilanz einzuordnen. Er ist damit nur begrenzt vergleichbar mit Ergebnissen aus der Literatur, wo zumeist Hoftorbilanzsalden dargestellt sind, z. B. von Bach et al. (2012) oder Hülsbergen und Rahmann (2013). Anhand von Daten aus Pilotbetrieben konnte in der Evaluation des Ökolandbaus in Schleswig-Holstein wiederholt gezeigt werden (z. B. Roggendorf, 2019), dass Unterschiede im Gruppenvergleich bei Hoftorbilanzsalden im Mittel weit höher ausfallen als bei Feld-Stall-Bilanzen⁶ (vgl. auch Taube et al., 2007). Davon ausgehend muss angenommen werden, dass mit den dargestellten Auswertungsergebnissen Angaben in der Literatur zum Einfluss des Ökolandbaus auf den N-Bilanzsaldo sogar deutlich übertroffen werden. Betrachtet man die Ergebnisse der Analysen zur Ex-post-Bewertung 2016 und die vorliegenden Ergebnisse zusammen (leicht unterhalb sowie deutlich über den mittleren Schätzwerten aus der Literatur), lassen sich die in der Literatur angegebenen Wertespannen auch weiterhin als valide Grundlage für Wirkungsabschätzungen des Ökolandbaus auf Stickstoffbilanzen

⁶ Unterschied in den Bilanzwerten der Förderperiode 2007 bis 2013 bei 40 kg/ha, in den Daten 2015 bis 2017 sogar bei 55 kg N/ha.

heranziehen. Im Gegensatz zur Ex-post-Bewertung konnte auch für den Phosphat-Bilanzsaldo nunmehr ein hoch signifikanter Effekt nachgewiesen werden.

Wie oben dargestellt, befinden sich unter den Ökobetrieben in der Stichprobe fünf Teilnehmer:innen an der Zusatzförderung für Wasserschutz, deren Wirkung isoliert betrachtet um knapp 18 kg N/ha höher ausfällt als die für alle Ökobetriebe, also deutlich höher wie in der Ex-post-Bewertung 2016 (vgl. Roggendorf, 2016). Statistisch ist dieses Ergebnis aber wiederum nicht belastbar. Zudem wurde aufgezeigt, dass ein Großteil der Beobachtungen aus der Basisförderung die düngerrelevante Besatzdichteaufgabe bereits erfüllen, sodass die oben dargestellten Ergebnisse für die Gesamtstichprobe der Betriebe des Ökoanbaus auch als Minderungseffekt für BV 3 gewertet werden könnte. Ob also durch die Zusatzförderung ein zusätzlicher Minderungseffekt beim N-Bilanzsaldo erreicht wird, kann auch mit der vorliegenden Auswertung nicht eindeutig beantwortet werden. Zur Ermittlung von Wasser- und Klimaschutzeffekten auf der Schwerpunktbereichs- und Programmebene muss also weiterhin mit den Annahmen aus der Ex-post-Bewertung 2016 gearbeitet werden (vgl. Roggendorf, 2016), also mit einer Größenordnung von 10 kg N/ha als zusätzliche Minderungswirkung beim N-Saldo und beim N-Input.

3.2 Weitere Maßnahmen aus dem PFEIL

3.2.1 Förderschwerpunkt GL – Maßnahmen auf Dauergrünland

Im Fokus stehen die Teilmaßnahmen des Förderschwerpunktes Grünland, die mit primärem Biodiversitätsziel gefördert werden. Eine Reihe der Vorhabenarten wurde in der Förderperiode bis 2013 als Vertragsnaturschutzmaßnahmen angeboten. Neben Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt können die Vorhabenarten auch zum Wasser- und Klimaschutz beitragen. Der Förderschwerpunkt zeichnet sich durch eine sehr heterogener Teilnehmerstruktur und sehr unterschiedlichen Auflagenniveaus in den Vorhabenarten aus. Eine Differenzierung der Analysen getrennt nach Vorhabenarten ist nicht möglich und sinnvoll, da für die meisten Varianten zu wenig Beobachtungen im Datensample enthalten sind. Daher wurden in die Analyse alle Teilnehmer:innen an Maßnahmen auf dem Grünland als eine Treatmentgruppe zusammengefasst. Da das Maßnahmenspektrum und die Förderauflagen in der neuen Förderperiode z.T. neu konzipiert worden sind, wurden in die Analyse nur Prüffälle aus den Düngejahren 2015 und 2016 einbezogen.

Die Gruppe besteht überwiegend aus Förderfällen der Vorhabenarten GL 1 Extensive Bewirtschaftung und dabei überwiegend aus denen der Grundförderung, sowie aus fünf Teilnehmern an der GL 2 Einhaltung einer Frühjahrsruhe (Grund- und Naturschutzgerechte Bewirtschaftung) und acht Teilnehmern, die nur die Zusatzförderung zum Erschwernisausgleich in Anspruch nehmen, also in Schutzgebieten wirtschaften. Teilnehmer an den Fördervarianten GL 3 oder GL 5 sind im Datensample nicht vertreten.

Die Formulierung einer geeigneten Prüfhypothese und damit verbunden die Auswahl geeigneter Variablen zur Vergleichsgruppenbildung für das heterogene Maßnahmenbündel sind aus den genannten Gründen schwierig. Daher werden lediglich die oben im Abschnitt „Methode“ genannten Kontrollvariablen Betriebsgröße (LF) und Grünlandanteil verwendet. Ähnlich wie beim Ökolandbau wird im Matching aber wieder festgelegt, dass nur rinderhaltende Betriebe bzw. nicht rinderhaltende Betriebe sowie Betriebe einer Region⁷ zusammengeführt werden. In der Treatmentgruppe sind keine Teilnehmer am Ökolandbau enthalten, wohl aber 17 Betriebe mit Förderung des Zwischenfruchtanbaus (AL 21) sowie drei Betriebe mit AL 5 und 11 Betriebe mit BV 2.

In der Stichprobe befinden sich 62 Betriebe, die am Förderschwerpunkt Grünland teilnehmen, zu 58 davon konnten Matchingpartner gefunden werden. Das Matching hat für diese vergleichsweise heterogene Treatmentgruppe zu einer relativ gut vergleichbaren Kontrollgruppe geführt; die Abweichung in den standardisierten Mittelwerten und im Varianzverhältnis der Matchingparameter liegt wieder unter 10 %. Die teilnehmenden Betriebe haben einen Grünlandanteil von 41 % bei einer mittleren Betriebsgröße von 105 ha. Im Mittel ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche und der Ackeranteil bei den teilnehmenden Betrieben im Datensample also ähnlich groß wie bei der zuvor besprochenen Stichprobe für den Ökolandbau. Die räumlichen Schwerpunkte der Stichprobe liegen im ehemaligen Regierungsbezirk Lüneburg (fast 50 %) und in Weser-Ems (knapp 30 %).

Allerdings unterscheiden sich die Betriebe in der Stichprobe hinsichtlich der LF und des Ackerflächenanteils deutlich von der Grundgesamtheit aller im Jahr 2016 an den gleichen Varianten des Vertragsnaturschutzes teilnehmenden Betriebe (inklusive der zur Stichprobenbildung genutzten Filter). Deren Ackerlandanteil liegt im Mittel bei 28 % mit einer durchschnittlichen LF von 60 ha. Auch beim Anteil der Vertragsfläche an der Betriebsfläche (LF) weicht die Stichprobe mit im Mittel 22,5 % sehr deutlich von der Grundgesamtheit ab, bei der dieser Anteil bei etwa 53 % liegt.

Um die Wirkung des Vertragsnaturschutzes besser im gesamtbetrieblichen Saldo ablesen zu können, wird in einem zweiten Schritt die Treatmentgruppe auf Betriebe mit einem Anteil der Maßnahmenfläche an der LF von über 20 % eingengt. Es verbleiben dann 19 Teilnehmer:innen mit einer mittleren LF von 95 ha, einem Ackerflächenanteil von 22 % und einem Vertragsflächenanteil von im Mittel 63 %. Eine Treatmentgruppe mit nur noch 19 Observationen ist aus statistischer Sicht als zu klein einzuschätzen. Die Ergebnisse dieser zweiten Variante sind unten zwar dargestellt, aber aus den genannten Gründen mit Vorbehalten zu interpretieren.

Ergebnis des Gruppenvergleichs

Bei Teilnahme am Vertragsnaturschutz fällt der N-Bilanzsaldo signifikant um gut 20 kg N/ha niedriger aus als in der Kontrollgruppe. Das 95 %-Konfidenzintervall für diesen geschätzten Effekt liegt

⁷ Zur regionalen Zuordnung wurden den Teilnehmer:innen Kontrollbetriebe aus dem gleichen Kreis oder – um genügend Matchingpartner zu finden – auch aus Nachbarkreisen zugeordnet.

zwischen -35 und -6 kg N/ha. Auch auf den Phosphat-Bilanzsaldo hat die Teilnahme am Vertragsnaturschutz einen signifikanten Einfluss, er fällt sogar um 31 kg P₂O₅/ha geringer aus (95 %-Konfidenzintervall zwischen 6,3 und 56 kg P₂O₅/ha) (vgl. Tabelle A9 im Anhang).

Die Unterschiede im N-Saldo ergeben sich zum Teil durch eine geringere N-Mineraldüngung. Betriebe, die am Vertragsnaturschutz teilnehmen, reduzieren ihren Stickstoffdüngereinsatz im Schnitt um knapp 15 kg N/ha (95 %-Konfidenzintervall zwischen 4 und 27 kg N/ha). Vor allem haben aber die maßnahmenbezogenen Auflagen Einfluss auf den Tierbesatz und damit auf das Aufkommen betriebseigener Wirtschaftsdünger. Der Stickstoffanfall aus der eigenen Tierhaltung liegt auf teilnehmenden Betrieben im Schnitt bei 55 kg N/ha und damit um rund 23 kg N/ha unter dem der Kontrollgruppe. Beim Wirtschaftsdüngereinsatz insgesamt beträgt der Unterschied 35 kg N/ha. Zusammen ergibt dies einen geringeren N-Input auf Betrieben mit Vertragsnaturschutz, der mit einer Differenz von rund 39 kg N/ha hoch signifikant ausfällt (vgl. Tabelle A9 im Anhang). Da gleichzeitig die N-Abfuhr über die Ernte nur um 18 kg N/ha geringer ausfällt, ist auch bei den Teilnehmer:innen am Vertragsnaturschutz eine bessere N-Effizienz als in der Kontrollgruppe gegeben. Bei den teilnehmenden Betrieben in der Stichprobe handelt es sich im Mittel um gesamtbetrieblich eher extensiv wirtschaftende Betriebe. Das Niveau des N-Saldos dieser Betriebe liegt beim 30 %-Quantil der gesamten Stichprobe, das des Wirtschaftsdüngeraufkommens aus der Tierhaltung entspricht etwa dem 15 %-Quantil.

Die Effekte des Vertragsnaturschutzes auf den N-Bilanzsaldo werden verstärkt, wenn die Gruppe der Teilnehmer:innen auf Betriebe mit einem Anteil der Maßnahmenfläche an der LF von über 20 % eingeeengt wird. Diese Betriebe haben im Schnitt einen um 36 kg N/ha niedrigeren Bilanzsaldo (95 %-Konfidenzintervall zwischen -5 und 76 kg N/ha) und einen um 33 kg N/ha niedrigeren N-Mineraldüngereinsatz (95 %-Konfidenzintervall zwischen 17 und -48 kg N/ha). Der N-Anfall aus der eigenen Tierhaltung liegt um 40 kg N/ha und der N-Input insgesamt sogar um 72 kg N/ha niedriger als in der Kontrollgruppe.

Geht man davon aus, dass die gesamtbetrieblich festgestellten Effekte in den N-Bilanzen nur auf die Auflagen für die Vertragsflächen zurückzuführen sind, kann über eine Verhältnisrechnung der Effekt theoretisch auf den Hektar Förderfläche umgerechnet werden. Daraus resultieren mit 90-95 kg N/ha beim N-Saldo und 170-175 kg N/ha beim N-Input Werte, die weit über den Schätzungen liegen, die für extensive Grünlandbewirtschaftung in der Literatur zu finden sind (vgl. Osterburg und Runge, 2007). Ob solche Ergebnisse pro Hektar Förderfläche realistisch sind oder auch weitere Ursachen bei der Interpretation zu berücksichtigen wären, kann auf Basis der vorhandenen Daten nicht geklärt werden.

Die Ergebnisse sind wahrscheinlich nur zum Teil als Effekt der Fördermaßnahmen zu interpretieren. Auch wenn durch die Kreisvariable eine regionale Vergleichbarkeit in die Analyse integriert wurde, zeigen sich in den Ergebnissen neben Bewirtschaftungsauflagen sicher auch Unterschiede in der

Intensität der Grünlandwirtschaft, die auf kleinräumige Standorteffekte zurückzuführen sind. Insgesamt ist schwierig zu bewerten, welche Intensitätsniveaus auf den Standorten der teilnehmenden Betriebe zur Erreichung wären, wenn keine Förderung mehr in Anspruch genommen würde.

Auch können die berechneten Ergebnisse aufgrund der großen strukturellen Unterschiede zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit nicht ohne Weiteres auf alle Teilnehmer:innen am Vertragsnaturschutz übertragen werden. Bei vielen der teilnehmenden Betriebe mit geringen Förderflächenanteilen ist neben den extensiv bewirtschafteten Vertragsflächen vermutlich oft eine intensive Landwirtschaft mit hohem Nährstoffniveau zu finden.

Trotz vieler Unbekannter kann resümierend festgestellt werden, dass mit dieser Auswertung die in der Literatur ausgewiesenen Effekte einer extensiven Grünlandwirtschaft bestätigt werden. Da aber – wie aufgezeigt – auf diesem Wege der Einfluss des Standortes nicht eingeschätzt werden kann, wird bei den Maßnahmen auf Grünland weiterhin die in der Literatur angegebenen Wertespannen als Grundlage für Wirkungsabschätzungen auf Stickstoffbilanzsalden herangezogen.

Im Hinblick auf den für Minderung von Lachgasemissionen relevanten N-Input insgesamt geben die Auswertungen wichtige Hinweise. Zwar gilt hier auch, dass die berechneten Differenzen aufgrund der vielen Unbekannten nicht direkt zur Schätzung von Minderungseffekten herangezogen werden sollten. Aber die Ergebnisse bestätigen die Größenordnung der Unterschiede beim N-Bedarf zwischen extensiver und mittelintensiver Grünlandnutzung, den auch die DüV ausweist. Für die Berechnungen des Beitrags von Vertragsnaturschutzmaßnahmen zur Minderung von Lachgasemissionen werden daher folgende Unterschiede als Wertespanne herangezogen:

- Differenz Weide extensiv/mittelintensiv (80 kg N/ha) und Mähweide mittelintensiv, 60 % Weide (150 kg N/ha) -> 70 kg N/ha als mittlere Minderungswirkung,
- Differenz Weide extensiv/mittelintensiv (80 kg N/ha) und Mähweide mittel bis intensiv abhängig von Schnittnutzung (rd. 200 kg N/ha) -> 120 kg N/ha als max. Minderungswirkung.

3.2.2 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21)

Die Grundförderung des Anbaus von Zwischenfrüchten oder Untersaaten über den Winter ist mit einem Bodenschutzziel verbunden, konkret mit dem Schutz vor Erosion und Nährstoffaustrag. Die Förderung ist nicht an eine Förderkulisse gebunden. Bis auf eine Startdüngung ist die Düngung ausgeschlossen. Auf Grundlage früherer Evaluierungsergebnisse wird davon ausgegangen, dass die Maßnahmen auch zum Wasser- und Klimaschutz beitragen kann, sodass sie bei Berechnungen für die Programmwirkungsindikatoren zu berücksichtigen ist.

Im Datensample sind sehr viele Betriebe zu finden, die im Zeitraum 2013 bis 2016 die Grundförderung für den Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten erhalten haben.⁸ Allerdings war die Bildung einer Treatmentgruppe, die isoliert die potenzielle Wirkung der Grundförderung abbilden kann, nicht ganz einfach. Ein wichtiger Grund ist das Antragsverhalten zu Beginn der laufenden Förderperiode, das in den ersten Jahren zu einer starken Schwankung bei der Zahl der Antragsteller für die Grundförderung geführt hat. Im Erstantragsjahr 2014 für die Verpflichtung im Winter 2014/15 war im Vergleich zur Vorgängerperiode ein sprunghafter Anstieg bei der Zahl von Antragstellern zu verzeichnen. Im Folgejahr stiegen dann aber zahlreiche dieser Erstantragssteller sanktionslos wieder aus der ELER-Förderung aus. Diese Betriebe meldeten stattdessen häufig ihre mit Zwischenfrucht bestellten Flächen ganz oder teilweise als Greeningverpflichtung. Wenn möglich, wurden daher Betriebe für die Treatmentgruppe selektiert, die auch in 2015 und 2016 an der Förderung teilgenommen hatten. Teilnehmer am Ökolandbau wurden ausgeschlossen.

Aber eben auch durch die sehr hohe Zahl von Betrieben im Datensample, die Zwischenfruchtanbau zur Erfüllung der Greeningauflagen umgesetzt haben,⁹ war die Bildung aussagekräftiger Vergleichsgruppen erschwert. Da sich die Auflagen der Grundförderung des Zwischenfruchtanbaus über ELER und Zwischenfruchtanbau als Greeningverpflichtung nur geringfügig unterscheiden, wurden in die Kontrollgruppe nur Betriebe aufgenommen, die laut Angaben in ihren Förderanträge überhaupt keinen Zwischenfruchtanbau durchgeführt haben, also auch nicht im Greening.¹⁰ Die Zahl solcher Betriebe im Datensample ist relativ klein, sodass für Bildung einer vergleichbaren Kontrollgruppe nur eine geringe Auswahl zur Verfügung stand.

Zudem sind im Datensample zahlreiche Betriebe zu finden, die sowohl die Grundförderung als auch die Förderung winterharter Zwischenfrüchte erhalten haben. Um Effekte der Grundförderung aber isoliert nachweisen zu können, wurden nur die Betriebe in die Treatmentgruppe einbezogen, die ausschließlich die Grundförderung erhalten haben. Damit konzentriert sich diese Gruppe weitgehend auf Betriebe außerhalb der WRRL-Kulisse.

Insgesamt wurden so 196 Teilnehmer:innen identifiziert. Jedoch konnten im Matching nur zu 190 dieser Betriebe ein passender Kontrollbetrieb gefunden werden. Die Betriebe der Treatmentgruppe weisen einem mittleren Förderflächenanteil an der LF von 26 % auf und liegen mit einem N-Saldo von knapp 29 kg N/ha ungefähr beim Mittelwert des Bilanzspektrums im Datensample. Aus dieser Gruppe entstammt rund die Hälfte der Beobachtungen aus dem Bezirk Weser-Ems (ins-

⁸ Wie schon erwähnt, wird in der Maßnahmenkodierung nicht zwischen Zwischenfrüchten und Untersaaten unterschieden. Beide werden auch bei AL 21 zusammengefasst ausgewertet.

⁹ Im Antragsjahr 2015 haben rund 19.350 Betriebe in Niedersachsen und Bremen Zwischenfrucht als ökologische Vorrangfläche angegeben, in 2016 waren es rund 600 weniger. Bei den Teilnehmer:innen an den ackerbaulichen AUKM waren dies im Mittel sogar rund 85 %. Von 2.063 Betrieben im Datensample mit Ackerfläche haben nur 579 im InVeKoS als ökologische Vorrangfläche nicht den Zwischenfruchtanbau angegeben.

¹⁰ Es liegen allerdings keinerlei Informationen darüber vor, ob Betriebe Winter-Zwischenfrüchte über freiwilligen Vereinbarungen zum Trinkwasserschutz oder ggf. gänzlich ohne Förderung angebaut haben.

gesamt 97), rund 20 % jeweils aus den Bezirken Lüneburg und Hannover. Die TN weisen eine mittlere LF von 116 ha und einen mittleren Ackeranteil von 90 % auf. Damit liegt die Stichprobe bei der Betriebsgröße etwas über der Grundgesamtheit aller TN in 2016 (LF=105 ha), die nicht auch die Förderung winterharter Zwischenfrüchte oder des Ökolandbaus in Anspruch nehmen. Beim Ackeranteil entspricht sie der Grundgesamtheit.

Prüfhypothese ist wie oben bei der Zusatzförderung AL 22 bereits ausgeführt, dass Teilnehmer die in der Winterbegrünung konservierten N-Mengen in der Düngeplanung berücksichtigen. Dabei wird angenommen, dass Änderungen in der Düngeplanung am ehesten beim Mineraldüngereinsatz abzulesen sind. Zur Bildung der Vergleichsgruppen wurde dementsprechend neben dem Ackeranteil und der N-Abfuhr über die Ernte der betriebliche Stickstoffeinsatz über den Wirtschaftsdünger (inklusive Sekundärrohstoffdünger) kontrolliert. Dieser liegt in der Treatmentgruppe im Schnitt bei knapp 93 kg N/ha (vgl. Tabelle A12 im Anhang). Zwar konnten für diese Variable allein passende Partnerbetriebe in der Kontrollgruppe gefunden werden (Gruppenmittel im t-Test nicht verschieden, Varianzverhältnis mit akzeptablen Abweichungen), allerdings unterscheiden sich diese in den einzelnen Bilanzpositionen für Wirtschaftsdünger dann doch sehr deutlich von der Treatmentgruppe. Vor allem der Wirtschaftsdüngeranfall aus der eigenen Tierhaltung liegt in der Treatmentgruppe rund 10 kg N/ha höher als der in der Kontrollgruppe (geringfügiger sind die Abweichungen bei der Aufnahme von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdünger). Dieser Unterschied wird aber ausgeglichen, indem die Treatmentgruppe in einer vergleichbaren Größenordnung Wirtschaftsdünger mehr abgibt als die Betriebe der Kontrollgruppe. Auch beim Entzug über die Ernte und beim Sekundärrohstoffdünger sind die Abweichungen augenscheinlich nicht groß (Varianzverhältnis <10 % Abweichung), aber die Mittelwerte sind signifikant verschieden.

In einem zweiten Schritt wird die Treatmentgruppe auf Betriebe mit einem Anteil der Maßnahmenfläche an der LF von > 30 % eingeeengt, um die Wirkung des Zwischenfruchtanbaus besser im gesamtbetrieblichen Saldo ablesen zu können. Es verbleiben dann 56 Teilnehmer:innen mit einer mittleren LF von 107 ha und einem Ackerflächenanteil von 95 %, bei denen der Zwischenfruchtanbau im Mittel auf 46 % der LF durchgeführt wird. Von diesen können zu 55 Beobachtungen Matchingpartner (aufgrund von Mehrfachzuordnungen insgesamt aber nur 33 unterschiedliche Betriebe) mit tolerierbaren Abweichungen in den Kontrollvariablen gefunden werden. Allerdings werden die Unterschiede im Wirtschaftsdüngeranfall aus der Tierhaltung und im Gegenzug bei der Abgabe von Wirtschaftsdünger noch größer.

Resümierend muss festgestellt werden, dass für die Grundförderung des Zwischenfruchtanbaus die Bildung statistisch belastbarer Vergleichsgruppen nur eingeschränkt möglich war. Die Auswertungen wurden dennoch durchgeführt und sind hier dargestellt, um zumindest tendenzielle Aussagen für die Bewertung daraus abzuleiten.

Ergebnis des Gruppenvergleichs

Die Teilnahme an der Maßnahme Zwischenfruchtanbau hat in der zuerst gebildeten Stichprobe keinen signifikanten Einfluss auf den Bilanzsaldo. Auch konnte kein signifikanter Effekt auf den Mineraldüngereinsatz und den N-Input insgesamt festgestellt werden. Die teilnehmenden Betriebe setzen zwar knapp 5 kg N/ha weniger N-Mineraldünger ein und der Bilanzsaldo fällt um 4,2 kg N/ha geringer aus, jedoch sind diese Gruppenunterschiede nicht signifikant (vgl. Tabelle A11 im Anhang).¹¹ Wenn man Betriebe mit Zwischenfruchtanbau als ökologische Vorrangflächen in der Kontrollgruppe belässt, ist überhaupt kein Effekt ablesbar. Beim Phosphatbilanzsaldo ergibt sich aber ein signifikanter Minderungseffekt von knapp 7 kg P₂O₅/ha, was vor allem auf die Unterschiede beim Wirtschaftsdüngeranfall aus der Tierhaltung zurückzuführen ist.

Bei Einschränkung der Treatmentgruppe auf Betriebe mit einem höheren Anteil der Maßnahmenfläche an der LF werden die Unterschiede zur Kontrollgruppe deutlicher. Die teilnehmenden Betriebe weisen einen um jeweils gut 14 kg N/ha niedrigeren N-Saldo sowie N-Mineraldüngereinsatz auf (95 %-Konfidenzintervall zwischen -2 und 30 kg N/ha), der N-Input insgesamt fällt um knapp 13 kg N/ha geringer aus (vgl. Tabelle A13 im Anhang). Diese Effekte sind aber nur jeweils auf dem 10 %-Niveau signifikant.

Bezieht man die aufgezeigten Ergebnisse über eine Verhältnisrechnung alleinig auf die Förderfläche, ergibt dies eine theoretische Minderungswirkung von 15 bis 30 kg N/ha beim N-Saldo und von 10 bis 28 kg N/ha bei N-Input. Beim N-Saldo wäre ein solcher Befund im Bereich der von Osterburg und Runge (2007) angegebenen Wirkungsspanne einzuordnen. Allerdings sei hier erneut darauf verwiesen, dass diese Ergebnisse aufgrund des aus den genannten Gründen statistisch wenig belastbaren Gruppenvergleichs vorsichtig interpretiert werden sollten. Selbst unter Anwendung des Matchingverfahrens und bei hoher Teilnehmerzahl im Datensample konnten wieder keine wirklich gut vergleichbaren Gruppen gebildet werden. Der theoretische Effekt des Zwischenfruchtanbaus war, ähnlich wie schon bei den Analysen zur Ex-Post-Bewertung 2016, anhand der zur Verfügung stehenden Daten also statistisch nicht belastbar nachzuweisen. Für Schätzungen von Minderungseffekten bei N-Bilanzsaldo und Lachgasemissionen auf der Programmebene wurde daher weiterhin mit den in der Literatur angegebenen Wertespannen gearbeitet (vgl. Grajewski et al., 2019). Für Bilanzjahre ab 2017 ist zu erwarten, dass der novellierten Düngeverordnung folgend alle Betriebe angebaute Zwischenfrüchte in der Düngeplanung in dem vorgegebenen Umfang berücksichtigen und ein Minderungseffekt durch Förderung damit geringer wird oder ganz entfällt.

¹¹ Bei einer identischen Auswertung, die nur für Teilnehmer:innen aus der vorangegangenen Förderperiode (n = 190) und damit für die Bilanzjahre 2013 und 2014 durchgeführt wurde, ergeben sich im Übrigen sehr ähnliche Ergebnisse. Bei diesen Vergleichsgruppen war der Unterschied im Aufkommen von Wirtschaftsdüngern aus der eigenen Tierhaltung wesentlich geringer. Auch bei diesem Auswertungsversuch wurden allerdings wieder unter den vorgegebenen Auswahlbedingungen deutlich weniger Kontrollbetriebe als Beobachtungen in der Treatmentgruppe gefunden.

3.3 Ergebnisse im Maßnahmenvergleich

Abschließend werden die einzelnen maßnahmenbezogenen Ergebnisse zusammengefasst und gegenüberstellend verglichen (s. Tabelle 1). Trotz z.T. erheblicher Varianzen auch in der Gruppe teilnehmender Betriebe haben die Auswertungen gezeigt, dass aus dem Datensample deutliche Unterschiede beim Nährstoffmanagement und beim Nährstoffinput zwischen unterschiedlichen Bewirtschaftungspraktiken und -intensitäten abgeleitet werden können.

Tabelle 1: Wirkung der Vorhabenarten bzw. Maßnahmen auf Stickstoffbilanzsaldo, Stickstoff-Input und N-Mineraldüngermenge im Überblick

	Stickstoff- bilanzsaldo	Stickstoff- input gesamt	N-Mineral- dünger	N-Abfuhr Ernte
	[kg N/ha]	[kg N/ha]	[kg N/ha]	[kg N/ha]
Winterharte Zwischenfrüchte und Untersaaten (AL 22)				
Teilnehmende Betriebe	2,2	195,9	55,3	193,7
Kontrollgruppe	21,8	215,6	79,3	193,8
Minderungseffekt	19,6	19,7	24,1	
Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5)				
Teilnehmende Betriebe	7,8	201,5	46,5	193,7
Kontrollgruppe	31,8	224,3	70,1	192,5
Minderungseffekt	24,0	22,8	23,5	
Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2)				
Teilnehmende Betriebe	18,3	212,0	75,3	193,7
Kontrollgruppe	26,8	219,3	89,6	192,5
Minderungseffekt	8,5	7,3	14,3	
Ökologischer Landbau (BV 1 / BV 3)				
Teilnehmende Betriebe	-66,2	51,6	2,0	117,8
Kontrollgruppe	13,2	209,9	104,5	196,7
Minderungseffekt	79,4	158,3	102,4	
Maßnahmen auf Dauergrünland (GL)				
Teilnehmende Betriebe	3,2	163,8	72,0	160,7
Kontrollgruppe	23,9	202,5	87,3	178,7
Minderungseffekt	20,6	38,8	15,3	
Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL21)				
Teilnehmende Betriebe	26,8	205,0	85,4	178,2
Kontrollgruppe	41,1	217,8	99,9	176,7
Minderungseffekt	14,3	12,8	14,4	
Kennwerte im Datensample gesamt				
Mittelwert	28,3	208,2	93,3	179,9
Median	29,8	206,7	87,8	176,7
25% Quartil	-6,2	170,9	52,52	150,6

Quelle: Eigene Berechnungen.

Dabei fällt insbesondere der Ökolandbau auf, der als in sich geschlossenes Anbausystem mit wesentlich niedrigeren Nährstoffniveaus bei allen Parametern einen deutlichen Abstand nicht nur zur

Kontrollgruppe, sondern auch zu den Vorhabenarten der AUKM aufweist (die AUKM BV 3 „Zusatzförderung Ökolandbau für den Wasserschutz“ war im Datensample zu gering vertreten). Zu erkennen ist aber an den bilanzierten Entzügen auch, dass mit dem Ökolandbau erwartungsgemäß Mindererträge verbunden sind, die allerdings geringer ausfallen als der Einspareffekt. Daher zeichnen sich auch die Betriebe des Ökolandbaus, wie oben erwähnt, durch eine höhere N-Effizienz aus als Betriebe aus den Kontrollgruppen bzw. als das Mittel des gesamten Datensamples. Auch die N-Bilanzsalden der teilnehmenden Gruppen aller analysierten AUKM liegen sehr deutlich unter dem Mittelwert aller im Datensample erfassten Betriebe. Lediglich die Salden teilnehmender Betriebe an der Grundförderung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) fallen nur leicht geringer aus als das Gesamtmittel.

Unter den ackerbaulichen Maßnahmen zeichnen sich der Anbau winterharter Zwischenfrüchte (AL 22) und der Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5), also zwei Maßnahmen mit Wasserschutzzielen, durch auffallend niedrige N-Salden aus (ca. auf dem Niveau des 30 %-Quantils). Die niedrigen N-Salden werden vor allem über deutlich geringere Mineraldüngergaben im Vergleich zum Mittel aller Betriebe erreicht. Die N-Mineraldüngergaben weisen daher noch weit höhere Abstände zu den Mittelwerten auf als die Werte beim N-Saldo.

Setzt man zudem Ertrag und Mineraldüngergaben in Beziehung, fällt auf, dass neben den beiden Maßnahmen mit Wasserschutzzielen vor allem bei der emissionsarmen Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) ein fast identisch hoher Ertrag mit einem deutlich geringeren Mineraldüngeranteil erzielt wird als im Gesamtmittel, aber auch als bei den Vorhabenarten ohne Wasser- oder Klimaschutzzielen. Dies spricht für einen wesentlich bewussteren Umgang mit der Nährstoffzufuhr über Wirtschaftsdünger bei den drei genannten Vorhabenarten. Die teilnehmenden Betriebe diese Vorhabenarten mit einem überdurchschnittlichen Aufkommen von organischem Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern sind also in der Lage, den innerbetrieblichen Nährstoffeinsatz effizienter zu gestalten und dadurch Überschüsse zu mindern. Bei den Maßnahmen AL 22 und AL 5 kann ein Beratungseinfluss mit verantwortlich sein, der über die vorliegenden Daten nicht isoliert werden konnte (s.o.). Bei BV 2 kann dies ggf. über die Auflage zur Nährstoffanalyse der Wirtschaftsdünger erreicht worden sein. Beim N-Input fallen diese Vorhabenarten hingegen nicht so deutlich auf.

Bei den Maßnahmen auf Grünland, bei denen sich die teilnehmenden Betriebe ebenfalls durch sehr niedrige N-Salden, aber auch durch den zweitniedrigsten N-Input insgesamt auszeichnen, werden die Minderungseffekte hingegen vor allem durch den deutlich geringeren Wirtschaftsdünger-einsatz im Vergleich zu intensiver wirtschaftenden Grünlandbetrieben erreicht. Dies spricht erwartungsgemäß sehr für einen Einfluss der Besatzdichteaufgaben. Auch bei diesen Vorhabenarten liegt die N-Effizienz deutlich über dem Gesamtmittel.

Zu beachten ist, dass in Tabelle 1 im Vergleich gesamtbetriebliche Effekte dargestellt werden. Außer beim Ökolandbau werden die Minderungseffekte vermutlich nur auf einem Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche teilnehmender Betriebe erzeugt, eben der jeweils in die Förderung eingebrachten Teilflächen. Rechnet man, wie in den maßnahmenbezogenen Kapiteln teilweise

geschehen, die gesamtbetrieblichen Werte durch Anteilswerte auf die Förderflächen um, fallen die Minderungseffekte pro Hektar Förderfläche – wie erwähnt – noch wesentlich höher aus. Die gesamtbetrieblichen Unterschiede in den Bilanzsalden liegen bei einigen Maßnahmen in der Wertespanne, die auch in der Literatur angegeben ist. Rechnet man auf Werte pro Hektar Förderfläche um, befinden sich diese zumeist am oberen Rand der Wertespannen, für den Anbau winterharter Zwischenfrüchte (AL 22), den Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) und den Ökologischen Landbau (BV 1/BV 3) fallen sie sogar höher aus als in der Literatur dargestellte Werte.

4 Schlussfolgerungen

In den Daten der Fachrechtskontrolle sind trotz aller Unzulänglichkeiten der Bilanzierungsmethodik und z.T. fehlender Repräsentativität der Stichprobe Unterschiede zwischen Teilnehmer:innen ausgewählter AUKM bzw. dem Ökolandbau und ähnlich strukturierten Kontrollbetrieben, die nicht an den untersuchten Fördermaßnahmen teilnehmen, feststellbar. Mit den durchgeführten Berechnungen können die Ergebnisse ähnlicher Analysen zur Ex-post-Bewertung 2016 für die vergleichbaren Förderangebote der laufenden Förderperiode durchweg bestätigt werden.

Über die verwendete Matchingmethode ist gelungen, bezogen auf die vorliegenden Parameter weitgehend ähnliche Vergleichsgruppen zu erzeugen. Die mit dieser Methodik durchgeführten quantitativen Wirkungsnachweise über massenstatistische Verfahren kommen den Anforderungen der EU-KOM sehr nahe. Anders als in der Ex-post-Bewertung 2016 wurde der Unterschied im Bilanzsaldo nun – soweit möglich – über ein regionales Matching ermittelt, sodass Standortunterschiede als mögliche Erklärende der Gruppendifferenzen weniger zum Tragen kommen.

Die mit Abstand geringsten Nährstoffsalden und der sehr geringe Nährstoffinput im Ökologischen Landbau sprechen dafür, dass bezüglich Minderung von Nährstoffüberschüssen und Lachgasemissionen mit dieser Maßnahme die weitaus größten Effekte erzielt werden können. Wie häufig schon erwähnt, kann dies allerdings insbesondere bezogen auf Klimaschutzwirkungen auch Leakage-Effekte zur Folge haben kann. Unklar bleibt, ob mit der Zusatzförderung Wasserschutz eine weitere Minderungswirkung zu erzielen ist. Die Daten der Nährstoffvergleiche zeigen, dass sich bereits die meisten Betriebe der Grundförderung auf dem mit der Förderung angestrebten Niveau beim N-Anfall aus organischen Düngern bewegen.

Die unerwartet hohen Minderungseffekte der beiden Wasserschutzmaßnahmen AL 22 und AL 5 sprechen für eine weitere Fortführung dieses Förderangebotes. Ob es sich dabei allein um Effekte der Flächenförderung handelt oder ob hier das Gesamtinstrumentarium in der WRRL-Kulisse mit dem kombinierten Angebot einer Flächenförderung plus Beratung greift, konnte anhand der verfügbaren Daten nicht differenziert beantwortet werden. Diese Frage muss in weiteren Untersuchungsphasen anhand geeigneter Daten und Methoden wieder untersucht werden.

Für Maßnahmen auf Grünland konnten ebenfalls positive Effekte auf Wasser- und Klimaschutz nachgewiesen werden. Diese sind als positive Nebenwirkungen von Vorhabenarten einzuordnen, bei deren Maßnahmenkonzeption Biodiversitätsziele im Vordergrund stehen. Unklar blieb aufgrund der Zusammensetzung der Stichprobe, ob die Ergebnisse auf alle Varianten der Maßnahmen auf Grünland übertragbar sind. Zu Klärung wären differenziertere Auswertungen mit ausreichenden Stichprobenumfängen erforderlich. Nötig wäre anhand besserer Daten vor allem, schutzgebietsbezogene Minderungseffekte rauszurechnen, die nicht auf den Förderauflagen basieren. Sollte, wie verschiedentlich diskutiert, im nationalen Strategieplan ab 2023 Grünlandextensivierung als Basisförderung verbunden mit Klimaschutzziele angeboten werden, ist zu beachten, dass die dargestellten Minderungseffekte der Maßnahmen auf Grünland auf das zukünftige Förderangebot nicht übertragbar sein werden.

Eine Wirkungsabschätzung für den Zwischenfruchtanbau als Grundförderung konnte auch in diesem Bericht nicht abschließend vorgenommen werden, da auf Basis der-zur Verfügung stehenden Daten keine systematisch vergleichbaren Gruppen gebildet werden konnten. In der Datensample waren zu wenig Betriebe vorhanden, die keinerlei Zwischenfruchtanbau (z. B. im Rahmen des Greening) durchgeführt haben. Die dargestellten, kaum signifikanten Ergebnisse lassen daher Zweifel aufkommen, ob überhaupt gegenüber der zukünftigen Baseline der vorgegebenen Konditionalität einer dauerhaften Bodenbedeckung und den Auflagen der Düngeverordnung überhaupt noch ein Minderungseffekt von Nährstoffüberschüssen durch eine Förderung des Zwischenfruchtanbaus erreicht werden kann. Eine Grundförderung Zwischenfruchtanbau sollte daher zukünftig nicht mehr mit einer solchen Zielsetzung verbunden werden.

Einschränkend muss auch erwähnt werden, dass die im Datensample erfassten Stichproben bei einigen Vorhabenarten der AUKM nicht repräsentativ für die jeweiligen Grundgesamtheiten sind. Daher können die Ergebnisse nur bedingt auf alle Teilnehmer:innen in Niedersachsen und Bremen übertragen werden. Aus diesem Grund wurde im eDFB 2018 für den Wirkungsindikator N-Saldo zum Teil noch mit Literaturwerten gearbeitet, nur für die Vorhabenarten AL 22 und AL 5 wurden Ergebnisse der vorliegenden Analysen verwendet. Für die Ableitung von Klimaschutzeffekten, die auf verminderte Stickstoffdüngung zurückzuführen sind, wurden allerdings die vorliegenden Analyseergebnisse verwendet, weil zu diesem Wirkungspfad keine Literaturwerte oder sonstige ggf. besser geeignete Datenquellen vorliegen. Gleiches gilt für Phosphatbilanzen.

Analysen betrieblicher Nährstoffvergleiche können insgesamt nur für flächenstarke AUKM durchgeführt werden, wenn der Anteil der Förderfläche an der betrieblichen LF groß genug ist. Für Cultanverfahren konnten keine und für die Zusatzförderung Wasserschutz im Ökolandbau zu wenig teilnehmende Betriebe im Datensample gefunden werden. Für solche Maßnahmen sind weiterhin gezielt Wirkungsanalysen über andere Methoden erforderlich.

Zukünftig stehen aufgrund der im Rahmen der DüV-Reform eingeführten Änderungen in den Aufzeichnungspflichten in Form der Stoffstrombilanzen noch deutlich bessere Daten für betriebliche

Vergleiche zur Verfügung. Es wäre daher wünschenswert, wenn ab 2021 solche verbesserten Datensamples für folgende Evaluationsphasen wieder zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist angeraten, im Variablenset weiterhin die Kopplung mit InVeKoS-Daten zu ermöglichen. Wie aufgezeigt lassen sich erst auf dieser Grundlage Vergleichsgruppen finden und geeignete Schichtungen der Teilnehmer:innengruppen durchführen.

Literaturverzeichnis

Bach M, Michl R, Schuck B (2012) Berechnung und Regionalisierung der Stickstoff-Überschüsse einzelbetrieblicher Hoftor-Bilanzen in Hessen. Giessen

EU-KOM, GD AGRI [Europäische Kommission, GD Landwirtschaft und Ländliche Entwicklung] (2018) Impact indicators, zu finden in <https://ec.europa.eu/info/files/impact-indicator-fiches_en> [zitiert am 22.4.2020]

Fährmann B, Bathke M, Bergschmidt A, Eberhardt W, Ebers H, Fengler B, Flint L, Franz K, Forstner B, Grajewski R, Peter H, Pollermann K, Raue P, Reiter K, Roggendorf W, Sander A, Trostorff B (2018) Feinkonzept zum Bewertungsplan PFEIL – Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2020 in Niedersachsen und Bremen. Stand 12/2018 (unveröffentlicht), 226 p

Grajewski R, Bathke M, Bergschmidt A, Eberhardt W, Ebers H, Fengler B, Forstner B, Franz K, Gröner C, Peter H, Pollermann K, Pufahl A, Raue P, Reiter K, Sander A, Roggendorf W (2019) Ergebnisse der laufenden Bewertung von PFEIL – Beitrag zu Kapitel 7 des erweiterten Durchführungsberichts 2018, 207 p. 5-Länder-Evaluation, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/Fortschrittsbericht-NI_HB-2019_mit_Beitrag_Kapitel_7-endg.pdf> [zitiert am 15.1.2020]

Hülsbergen K-J, Rahmann G (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report, zu finden in <http://www.ti.bund.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_08.pdf>

Machmüller A, Sundrum A (2014) Der Einfluss länderspezifischer Berechnungsverfahren auf den betrieblichen Nährstoffvergleich gemäß Düngeverordnung. Landbauforschung Applied Agricultural and Forestry Research 64(1):17-30, zu finden in <http://literatur.ti.bund.de/dig-bib_extern/bitv/dn053880.pdf> [zitiert am 15.4.2020]

Normand S-LT, Landrum MB, Guadagnoli E, Ayanian JZ, Ryan TJ, Cleary PD, McNeil BJ (2001) Validating recommendations for coronary angiography following acute myocardial infarction in the elderly. Journal of Clinical Epidemiology 54(4):387-398. doi: 10.1016/S0895-4356(00)00321-8

Osterburg B, Runge T (2007) Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, 302 p. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft

Roggendorf W (2016) Ex-post-Bewertung PROFIL 2007 bis 2013 : Modulbericht 9.8_MB Wasser. Braunschweig, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/7-Laender-Bewertung/2016/NI/9-8_MB_Wasser.pdf> [zitiert am 26.9.2018]

Roggendorf W (2019) Verringerung von Treibhausgas- und Ammoniakemissionen – Fördereffekte im Schwerpunktbereich 5D – Landesprogramm Ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2020, Thünen-Institut (TI). 5-Länder-Evaluation, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/15_2019-SH_SPB5D_Modulbericht_final.pdf> [zitiert am 19.2.2020]

Taube F, Kelm M, Verreet J-A (eds) (2007) Wissen wo man steht, Landwirtschaftliche Produktionssysteme in Schleswig-Holstein: Leistungen und Ökologische Effekte: Ergebnisse des Projektes COMPASS, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Anhang

A.1.1	Winterharte Zwischenfrüchte und Untersaaten (AL 22)	32
A.1.2	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5)	33
A.1.3	Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2)	34
A.1.4	Ökologischer Landbau – Grundförderung (BV 1) und Zusatzförderung Wasserschutz (BV 3)	35
A.2.1	Maßnahmen auf Dauergrünland (GL)	36
A.2.2	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Variante 1	37
A.2.3	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Variante 2	38

Tabellenverzeichnis – Anhang

Tabelle A1:	Wirkung der Teilnahme am winterharten Zwischenfruchtanbau (AL22) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	32
Tabelle A2:	Anbau winterharter Zwischenfrüchte – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	32
Tabelle A3:	Wirkung der Teilnahme am Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	33
Tabelle A4:	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	33
Tabelle A5:	Wirkung der Teilnahme emissionsarmer Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	34
Tabelle A6:	Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	34
Tabelle A7:	Wirkung des Ökologischen Landbaus (BV 1/BV 3) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	35
Tabelle A8:	Ökologischer Landbau (BV 1/BV 3) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	35
Tabelle A9:	Wirkung der Maßnahmen auf Dauergrünland (GL 1/GL 3) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	36
Tabelle A10:	Maßnahmen auf Dauergrünland (GL 1/GL 2) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	36
Tabelle A11:	Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	37
Tabelle A12:	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	37
Tabelle A13:	Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz (Variante 2)	38
Tabelle A14:	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich Bilanz- und Kontrollparameter (Variante 2)	38
Tabelle A1:	Wirkung der Teilnahme am winterharten Zwischenfruchtanbau (AL22) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	32

Tabelle A2:	Anbau winterharter Zwischenfrüchte – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	32
Tabelle A3:	Wirkung der Teilnahme am Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	33
Tabelle A4:	Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	33
Tabelle A5:	Wirkung der Teilnahme emissionsarmer Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	34
Tabelle A6:	Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	34
Tabelle A7:	Wirkung des Ökologischen Landbaus (BV 1/BV 3) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	35
Tabelle A8:	Ökologischer Landbau (BV 1/BV 3) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	35
Tabelle A9:	Wirkung der Maßnahmen auf Dauergrünland (GL 1/GL 3) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	36
Tabelle A10:	Maßnahmen auf Dauergrünland (GL 1/GL 2) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	36
Tabelle A11:	Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz	37
Tabelle A12:	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter	37
Tabelle A13:	Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz (Variante 2)	38
Tabelle A14:	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich Bilanz- und Kontrollparameter (Variante 2)	38

A.1.1 Winterharte Zwischenfrüchte und Untersaaten (AL 22)

- Treatmentgruppe: Betriebe, die mit über 30 % ihrer LF an AL 22, aber nicht an AL 21 teilgenommen haben (T=27),
- Kontrollgruppe: Betriebe, die nicht an AL 21 oder AL 22 teilgenommen haben (C=894)
- Kontrollvariablen: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), Anteil der Ackerfläche an der LF (AntAL), N-Aufwand über Wirtschaftsdünger (NAUFW_WD), N-Zufuhr über Sekundärrohstoffdünger (NSERO), N-Entzug über die Ernte (NERNTE), Düngjahr,
- Weitere Einschränkungen: Nur Betriebe mit Düngjahr 2015 oder 2016

Tabelle A1: Wirkung der Teilnahme am winterharten Zwischenfruchtanbau (AL22) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz (aktuell)	kg N/ha	19,60	***	6,40	32,80
Mineraldüngermenge	kg N/ha	24,07	***	11,40	36,74
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	19,70	***	6,59	32,81
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	27,50		-7,12	62,12

T=27, C=894, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A2: Anbau winterharter Zwischenfrüchte – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	2,2	21,8	50,6	38,7
N als Mineraldünger	kg N/ha	55,3	79,3	36,1	42,7
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	112,4	105,0	41,1	74,9
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	48,6	49,2	49,0	50,4
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	56,8	52,7	44,1	69,8
N-Input insgesamt	kg N/ha	195,9	215,6	50,0	36,4
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	193,7	193,8	29,4	28,2
Landw. genutzte Fläche (LF)	ha	89,8	84,8	61,5	62,9
Anteil Ackerfläche an LF	%	92,0	92,4	11,5	12,2

Quelle: Eigene Berechnungen.

A.1.2 Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5)

- Treatmentgruppe: Betriebe, die an AL 5 teilnehmen (T=30)
- Kontrollgruppe: Betriebe, die nicht an AL 5 teilnehmen, aber Mais anbauen (C=566),
- Kontrollvariablen: Anteil der Ackerfläche an der LF (AntAL), N-Aufwand über Wirtschaftsdünger (NAUFW_WD), N-Zufuhr aus der eigenen Tierhaltung (NTIERE), N-Zufuhr über Sekundärrohstoffdünger (NSERO), N-Entzug über die Ernte (NERNTE), Düngejahr,
- Weitere Einschränkungen: Nur Betriebe aus den Düngejahren 2014, 2015 oder 2016 und Maisanteil im jeweiligen Jahr > 50 % an der LF.

Tabelle A3: Wirkung der Teilnahme am Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz (aktuell)	kg N/ha	24,03	***	11,52	36,54
Mineraldüngermenge	kg N/ha	23,51	***	11,25	35,76
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	22,81	***	10,52	35,11
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	0,94		-7,15	9,02

T=30, C=566, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A4: Verzicht auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	7,8	31,8	53,7	51,7
N als Mineraldünger	kg N/ha	46,5	70,1	47,7	43,4
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	111,5	105,9	86,8	67,7
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	54,9	43,7	58,8	72,5
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	69,2	51,4	79,9	64,4
N-Input insgesamt	kg N/ha	201,5	224,3	47,8	50,1
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	193,7	192,5	32,1	31,5
Maisanteil an der LF 2015	%	65,4	62,3	13,5	12,1
Ackeranteil an der LF	%	92,5	89,0	11,4	17,6

Quelle: Eigene Berechnungen.

A.1.3 Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2)

- Treatmentgruppe: Betriebe, die an BV 2 teilnehmen (T=191),
- Kontrollgruppe: Betriebe, die nicht an BV 2 teilnehmen (C=992),
- Kontrollvariablen: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), Anteil der Ackerfläche an der LF (AntAL), N-Zufuhr aus der eigenen Tierhaltung (NTIERE), N-Entzug über die Ernte (NERNTE), Düngejahr,
- Weitere Einschränkungen: Nur Betriebe aus den Düngejahren 2015 oder 2016.

Tabelle A5: Wirkung der Teilnahme emissionsarmer Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz (aktuell)	kg N/ha	8,51	*	1,79	15,24
Mineraldüngermenge	kg N/ha	14,31	***	8,17	20,45
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	7,31	*	0,55	14,08
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	-0,68		-4,80	3,44

T=191, C=992, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A6: Emissionsarme Ausbringung von Gülle und Gärresten (BV 2) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	18,3	26,8	49,4	49,3
N als Mineraldünger	kg N/ha	75,3	89,6	47,0	44,0
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	127,6	120,0	63,8	62,5
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	40,0	36,8	59,6	54,4
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	58,8	49,1	68,8	72,0
N-Input insgesamt	kg N/ha	212,0	219,3	53,9	48,6
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	193,7	192,5	34,3	32,1
Landw. genutzte Fläche (LF)	ha	102,4	97,1	76,4	73,1
Anteil Ackerfläche an LF	%	86,0	86,4	19,0	19,2

Quelle: Eigene Berechnungen.

A.1.4 Ökologischer Landbau – Grundförderung (BV 1) und Zusatzförderung Wasserschutz (BV 3)

- Treatmentgruppe: Betriebe, die am Ökologischen Landbau teilnehmen (Grundförderung BV 1, in sieben Prüffällen auch mit Zusatzförderung Wasserschutz (BV 3) (T=22),
- Kontrollgruppe: Betriebe, die nicht am Ökologischen Landbau teilnehmen (C=2.112),
- Kontrollvariablen: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), Anteil der Ackerfläche an der LF,
- Weitere Einschränkungen: Nur Nährstoffvergleiche eines Düngejahres vergleichbar, falls Rinderhalter, Paarvergleich ebenfalls nur mit Rinderhaltern.

Tabelle A7: Wirkung des Ökologischen Landbaus (BV 1/BV 3) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz	kg N/ha	79,40	***	63,33	95,47
Mineraldüngermenge	kg N/ha	102,44	***	89,33	115,55
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	158,28	***	142,41	174,15
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	12,05	*	0,75	23,34

T=22, C=2.112, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A8: Ökologischer Landbau (BV 1/BV 3) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	-66,2	13,2	52,5	43,8
N als Mineraldünger	kg N/ha	2,0	104,5	9,1	52,5
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	35,0	97,0	41,0	65,0
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	13,0	27,9	21,3	46,3
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	4,6	28,4	11,1	44,4
N-Input insgesamt	kg N/ha	51,6	209,9	38,4	56,0
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	117,8	196,7	52,9	48,8
Landw. genutzte Fläche (LF)	ha	102,5	97,9	64,2	62,2
Anteil Ackerfläche an LF	%	57,1	58,5	38,1	36,7
Anzahl Rinder, wenn vorhanden	n	105,1	241,8	94,3	249,4

Quelle: Eigene Berechnungen.

A.2.1 Maßnahmen auf Dauergrünland (GL)

- Treatmentgruppe: Betriebe, die am Förderschwerpunkt Grünland teilnehmen (vor allem GL 1, teilweise GL 2 oder GL 4, T=58),
- Kontrollgruppe: Betriebe mit Grünland, die nicht am Förderschwerpunkt Grünland und/oder am Ökologischen Landbau teilnehmen (C=794),
- Kontrollvariablen: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF), Anteil Grünland an der LF, Landkreis, Düngejahr,
- Weitere Einschränkungen: Nur Nährstoffvergleiche der Düngejahre 2015 oder 2016, falls Rinderhalter, Paarvergleich ebenfalls nur mit Rinderhaltern.

Tabelle A9: Wirkung der Maßnahmen auf Dauergrünland (GL 1/GL 3) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz	kg N/ha	20,60	**	6,46	34,74
Mineraldüngermenge	kg N/ha	15,32	**	3,86	26,77
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	38,83	***	22,08	55,58
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	31,18	*	6,30	56,06

T=58, C=794, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A10: Maßnahmen auf Dauergrünland (GL 1/GL 2) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	3,2	23,9	49,7	69,3
N als Mineraldünger	kg N/ha	72,0	87,3	49,9	52,5
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	54,9	78,0	55,3	62,3
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	26,4	40,5	36,7	76,1
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	24,3	26,5	39,3	60,2
N-Input insgesamt	kg N/ha	163,8	202,5	57,1	72,9
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	160,7	178,7	43,7	48,0
Landw. genutzte Fläche (LF)	ha	105,0	101,2	77,0	75,2
Anteil Grünland an LF	%	40,8	37,3	33,7	31,7

Quelle: Eigene Berechnungen.

A.2.2 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Variante 1

- Treatmentgruppe: Betriebe, die an der Förderung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten teilnehmen (AL 21), aber nicht an der Förderung des Ökologischen Landbaus (BV 1/BV 3), des Anbaus winterharter Zwischenfrüchte (AL 22) und des Verzichts auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) teilnehmen (T=190),
- Kontrollgruppe: Betriebe, die nicht an AL 21, AL 22, AL 5 und Ökolandbau teilnehmen und Zwischenfruchtanbau nicht zur Erfüllung der Greeningauflagen durchgeführt haben (C=279)
- Kontrollvariablen: Anteil der Ackerfläche an der LF (AntAL), N-Aufwand über Wirtschaftsdünger (NAUFW_WD), N-Zufuhr aus der eigenen Tierhaltung (NTIERE), N-Zufuhr über Sekundärrohstoffdünger (NSERO), N-Entzug über die Ernte (NERNTE),
- Weitere Einschränkungen: Nur Betriebe mit Düngjahr 2015 oder 2016

Tabelle A11: Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz (aktuell)	kg N/ha	4,20		-4,57	12,99
Mineraldüngermenge	kg N/ha	4,84		-3,68	13,36
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	2,32		-6,38	11,01
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	6,94	*	0,77	13,11

T=190, C=279, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A12 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich der Bilanz- und Kontrollparameter

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	28,7	32,9	44,1	56,2
N als Mineraldünger	kg N/ha	96,0	100,8	44,8	60,2
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	79,8	70,1	73,6	63,3
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	40,6	38,4	50,0	52,6
Import Sekundärrohstoffdüng	kg N/ha	15,1	13,9	37,7	37,0
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	27,8	17,1	60,3	42,6
N-Input insgesamt	kg N/ha	203,7	206,1	45,0	55,7
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	175,1	173,2	29,8	29,0
Anteil Ackerfläche an LF	%	90,4	90,9	14,1	14,5

Quelle: Eigene Berechnungen.

A.2.3 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Variante 2

- Treatmentgruppe: Betriebe, die mit mehr als 30 % ihrer LF an der Förderung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten teilnehmen (AL 21), aber nicht an der Förderung des Ökologischen Landbaus (BV 1/BV 3), des Anbaus winterharter Zwischenfrüchte (AL 22) und des Verzichtes auf Bodenbearbeitung nach Mais (AL 5) teilnehmen (T=55),
- Kontrollgruppe: Betriebe, die nicht an AL 21, AL 22, AL 5 und Ökolandbau teilnehmen und Zwischenfruchtanbau nicht zur Erfüllung der Greeningauflagen durchgeführt haben (C=279)
- Kontrollvariablen: Anteil der Ackerfläche an der LF (AntAL), N-Aufwand über Wirtschaftsdünger (NAUFW_WD), N-Zufuhr aus der eigenen Tierhaltung (NTIERE), N-Zufuhr über Sekundärrohstoffdünger (NSERO), N-Entzug über die Ernte (NERNTE),
- Weitere Einschränkungen: Nur Betriebe mit Düngjahr 2015 oder 2016

Tabelle A13: Wirkung des Anbaus von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) auf Stickstoffbilanz, Stickstoffdüngermenge und Phosphatbilanz (Variante 2)

Zielgröße		Effekt	Signifikanz	95%-Vertrauensintervall	
Stickstoffbilanz (aktuell)	kg N/ha	14,28		-1,88	30,44
Mineraldüngermenge	kg N/ha	14,42		-1,14	29,98
Stickstoffdüngermenge	kg N/ha	12,79		-3,18	28,75
Phosphatbilanz	kg P ₂ O ₅ /ha	13,59	*	1,19	25,99

T=55, C=279, *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle A14 Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (AL 21) – Vergleich der Treatment- mit der Kontrollgruppe hinsichtlich Bilanz- und Kontrollparameter (Variante 2)

Bilanzparameter		Mittelwert		Standardabweichung	
		Teilnehmer	Kontrollgruppe	Teilnehmer	Kontrollgruppe
Stickstoffbilanzsaldo	kg N/ha	26,8	41,1	47,9	56,4
N als Mineraldünger	kg N/ha	85,4	99,9	43,5	64,7
N aus eigener Tierhaltung	kg N/ha	88,0	71,0	85,2	68,4
Import organ. Stickstoff	kg N/ha	53,4	54,2	51,4	51,8
Import Sekundärrohstoffdüng	kg N/ha	16,3	15,7	40,7	40,5
Abgabe organ. Stickstoff	kg N/ha	38,2	23,0	86,0	52,2
N-Input insgesamt	kg N/ha	205,0	217,8	43,1	54,9
N-Abfuhr über die Ernte	kg N/ha	178,2	176,7	25,9	21,7
Anteil Ackerfläche an LF	%	94,8	94,9	9,1	9,6