Beitrag des Programms zum Bodenschutz

Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022

Julia Scholz

5-Länder-Evaluation 16/2026

Finanziell unterstützt durch:

EUROPÄISCHE UNION

Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Klimaschutz, Umwelt und Natur

DOI-Nr.: 10.3220/253-2026-149
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 (RL) und anderen Rechtstexten bleiben unverändert.

entera Umweltplanung & IT

M. Sc. Julia Scholz

Fischerstraße 3, 30167 Hannover
Tel.: +49(0)511 16789-18
E-Mail: scholz@entera.de

Hannover, Juni 2026

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Kartenverzeichnis **III**

Tabellenverzeichnis **IV**

Abkürzungsverzeichnis **VI**

Glossar **VIII**

0 Zusammenfassung und Summary **1**

Zusammenfassung 1

Summary 2

1 Einleitung **3**

1.1 Bewertungsauftrag 3

1.2 Aufbau des Berichtes 5

2 Relevanz der Förderung **6**

2.1 Aktualisierte Ausgangslage und Handlungsbedarf 6

2.1.1 Erosionsgefährdung 6

2.1.2 Kohlenstoffspeicherung im Boden 10

2.1.3 Verbesserung des Bodenschutzes im Wald 13

2.2 Eignung der ELER-VO zur Problemlösung 14

2.3 Kontext der Förderung 16

3 Relevante Maßnahmen und Umsetzung **18**

3.1 Zielsetzungen und geplante Outputs der Maßnahmen 18

3.2 Interventionslogik der relevanten Fördermaßnahmen 20

3.2.1 Fördermaßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen 20

3.2.2 Fördermaßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel 21

3.2.3 Wirkungspfade der relevanten Fördermaßnahmen im Überblick 22

3.3 Darstellung des Outputs der Maßnahmen 23

4 Daten und Methoden **25**

4.1 Untersuchungsdesign 25

4.2 Daten 28

4.3 Wirkungsanalyse und -Bewertung 28

4.3.1 Mitnahmen, Wirkungsdauer und Bewertungsmaßstäbe für Bewertungskriterien 28

4.3.2 Methodik Wassererosionsschutz 31

4.3.3 Methodik Winderosionsschutz 33

4.3.4 Methodik Kohlenstoffspeicherung im Boden 34

5 Wirkungen und Wirksamkeit **35**

5.1 Wirkpotenzial Erosionsschutz 35

5.1.1 Wassererosion 35

5.1.2 Winderosion 36

5.2 Wirkpotenzial Kohlenstoffspeicherung im Boden 37

5.3 Wirkpotenzial Verbesserung des Bodenschutzes im Wald 37

5.4 Wirkungen der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen 38

5.4.1 Flächenmaßnahmen 38
5.4.2 Nicht-Flächenmaßnahmen 49
5.5 Wirkungen der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele 58
5.5.1 Naturschutz und Landschaftspflege 59
5.5.2 Wiederaufbau Wald und Waldumbau 60
5.5.3 Vertragsnaturschutz: Ackerlebensräume 62
5.6 Fazit zu den Ressourcenschutzwirkungen 64
5.6.1 Beitrag zum Schutz vor Wassererosion 64
5.6.2 Beitrag zum Schutz vor Winderosion 65
5.6.3 Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden 66
5.7 Kohärenz und Synergie 67
5.8 Gesamtbetrachtung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen 68
6 Kosten-Wirksamkeit (Effizienz) 73
6.1 Implementations- und Gesamtkosten 73
6.2 Vermiedener Bodenabtrag durch Wassererosion 74
6.3 Kohlenstoffspeicherung im Boden 76
6.4 Fazit 76
7 Beitrag zur Beantwortung der Bewertungsfragen 77
7.1 Zusammenfassende Bewertung des Programms zum Bodenschutz 77
7.2 Zusammenfassende Bewertung des Beitrags des Programms zur nachhaltigen Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen aus Bodenschutzsicht 78
8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 79
Literaturverzeichnis 83
Anhang 99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	ELER-spezifische Bewertungsanforderungen des CMEF für den Bodenschutz	4
Abbildung 2:	THG-Emissionen der Ackerflächen in Schleswig-Holstein im Zeitverlauf	11
Abbildung 3:	Untersuchungsdesign zur Analyse der Bodenschutzwirkung und Beurteilung der Wirksamkeit	26
Abbildung 4:	Verteilung der Fruchtarten der betrachteten Betriebe 2015 und 2020, aufgeteilt nach Humusgruppen sowie mit und ohne VKA-Förderung (Flächenanteile in %)	42
Abbildung 5:	Vielfältige Kulturen – Veränderung der Anbauanteile der teilnehmenden und nicht-teilnehmenden Betrieben von 2015 zu 2020	43
Abbildung 6:	DiD-Vergleich der Humusbilanzen betrachteter Betriebe 2015 und 2020 (vor und nach Einstieg in die VKA- Förderung), aufgeteilt nach ÖKO- und VKA-Teilnahme	45
Abbildung 7:	DiD-Vergleich, vereinfachte Humusbilanzen der Betriebe nach Bewirtschaftungsart für die Jahre 2015 und 2020 mit und ohne Ökoförderung	48
Abbildung 8:	Verteilung der Fruchtarten der betrachteten Betriebe 2015 und 2020, aufgeteilt nach Humusgruppen sowie mit und ohne Ökoförderung (Flächenanteile in %)	49

Kartenverzeichnis

Karte 1:	Karte der natürlichen Wassererosionsgefährdung in Schleswig-Holstein	6
Karte 2:	Karte der natürlichen Winderosionsgefährdung in Schleswig-Holstein	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einschätzung des Handlungsbedarfs zum Erosionsschutz	8
Tabelle 2:	Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Wassererosionsgefährdung im Jahr 2022	9
Tabelle 3:	Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Winderosions-gefährdung im Jahr 2022	9
Tabelle 4:	Kontextindikator C.41 Soil organic matter in arable land	11
Tabelle 5:	Einschätzung des Handlungsbedarfs zur Kohlenstoffspeicherung im Boden	12
Tabelle 6:	Einschätzung des Handlungsbedarfs zur Erhöhung der Naturnähe	14
Tabelle 7:	Eignung der ELER-VO zur Lösung der Problemlagen und ihre Implementation im EPLR	16
Tabelle 8:	Bedeutung des LPLR im Verhältnis zum Kontext	18
Tabelle 9:	Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen	19
Tabelle 10:	Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele	19
Tabelle 11:	Zuordnung der relevanten Maßnahmen zu den Wirkungspfaden und damit verbundene Wirkungsfaktoren	23
Tabelle 12:	Output und Finanzen der Maßnahmen mit und ohne Bodenschutzziel	24
Tabelle 13:	Zuordnung der Indikatoren und Messgrößen zu den Bewertungskriterien	27
Tabelle 14:	Mitnahmen nach Kategorien	29
Tabelle 15:	Bewertungsskala für quantifizierbare Maßnahmenwirkungen	30
Tabelle 16:	Wassererosionsgefährdungsstufen und deren potenzieller Bodenabtrag	32
Tabelle 17:	Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2015 und 2020, Unterscheidung für Betriebe mit und ohne VKA-Förderung	41
Tabelle 18:	Teilnehmende (ÖKO und konventionell) an Vielfältigen Kulturen im Jahr 2020 – Charakterisierung anhand von Betriebskennziffern	43
Tabelle 19:	Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2015 und 2020, Unterscheidung mit und ohne Förderung von VKA und ÖKO	44
Tabelle 20:	Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2015 und 2020, Unterscheidung konventionell und ÖKO	47
Tabelle 21:	Zusätzliche Indikatoren für die Fort- und Weiterbildung	50
Tabelle 22:	Inanspruchnahme der Ökolandbauförderung nach der Beratung zum Modul 5001	53
Tabelle 23:	Merkmale der ausgewählten bodenschutzrelevanten EIP-Agri-Vorhaben	57
Tabelle 24:	IST und SOLL der TM 8.4 und TM 8.5 von 2015 bis 2022/2024	60

Tabelle 25:	Ausgangs- und Zielbestockung der Umbauflächen (Zahlen gerundet)	61
Tabelle 26:	Lage der VNS-Ackerlebensräume	63
Tabelle 27:	Geförderte Ackerfläche der Maßnahmen nach Erosionsgefährdungsgrad	64
Tabelle 28:	Potenziell vermiedener Bodenabtrag der bodenschutzrelevanten Maßnahmen	65
Tabelle 29:	Einordnung der geförderten Ackerfläche der Maßnahmen in die Winderosionskulisse	66
Tabelle 30:	Humusreproduktionswerte der bodenschutzrelevanten Maßnahmen	66
Tabelle 31:	Zusammenfassung der betrachteten bodenschutzrelevanten Maßnahmen	69
Tabelle 32:	Übersicht der Programmwirkung auf den bodenschutzrelevanten Ergebnisindikator	71
Tabelle 33:	Übersicht der Programmwirkung auf die bodenschutzrelevanten Wirkungsindikatoren	72
Tabelle 34:	Implementations- und Gesamtkosten der Flächenmaßnahmen	74
Tabelle 35:	Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Vermeidung von Wassererosion	75
Tabelle 36:	Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Kohlenstoffspeicherung im Boden	76

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
AF	Ackerfläche
AL	Ackerland
ALR	Ackerlebensräume
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen
BF	Beratungsfelder
CC	Cross Compliance
CMEF	common monitoring and evaluation framework
C_{org}	Organischer Kohlenstoff
C_{sum}	summierbare C-Faktoren
DiD	Difference-in-Difference
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
dt	Dezitonnen
DüV	Düngeverordnung
DVS	Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
E_{nat}-Stufen	Erosionsstufen nach DIN19708
EPLR	Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum
EU	Europäische Union
EURI	Mittel des Aufbauinstrumentes NextGenerationEU zur Abmilderung der Corona-Folgen
FP	Förderperiode
GAB	Grundanforderungen an die Betriebsführung
GAK	Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GAP-SP	GAP-Strategieplan
gfP	Gute fachliche Praxis
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
ha	Hektar
Häq	Humusäquivalente
IK	Implementationskosten
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
IPS	Integrierter Pflanzenschutz
JRC	Joint Research Centre
LLnL	Landesamt für Landwirtschaft und nachhaltige Landentwicklung
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
LULUCF	Land use, land-use change and forestry
LWK	Landwirtschaftskammer
Max	Maximum
MEKUN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur
MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung
Min	Minimum

Abkürzung	Bedeutung
Mio.	Million
Mt	Megatonne
NuL	Naturschutz und Landschaftspflege
NUTS	Nomenclature of territorial units for statistics (Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik)
OB	Oberboden
OG	Operationelle Gruppen
ÖKO	Ökologischer Landbau
ÖVF	Ökologische Vorrangflächen
PSM	Pflanzenschutzmittel
RDP	Rural Development Programme
RL	Richtlinie
SOC	Soil Organic Carbon
SPB	Schwerpunktbereich
t	Tonnen
THG	Treibhausgas(e)
UB	Unterboden
USLE	Universal Soil Loss Equation
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VKA	Vielfältige Kulturen im Ackerbau
VNS	Vertragsnaturschutz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZPLR	Zukunftsprogramm Ländlicher Raum
ZWF	Zwischenfrucht

Glossar

Begriff	Definition
ABAG	Die Allgemeine Bodenabtragsgleichung (kurz ABAG) wird eingesetzt, um den langjährigen mittleren flächigen Abtrag für Einzelschläge in Tonnen pro Hektar (ha) zu berechnen. Er setzt sich aus sechs verschiedenen Faktoren zusammen, die sich an den Gegebenheiten vor Ort orientieren. Die ABAG ist das Vorgehen zur Bestimmung des durch Wassererosion ausgelösten Bodenabtrags nach DIN 19708.
Kosten-Wirksamkeit (*efficiency*)	Die Kosten-Wirksamkeit setzt die für die Förderung aufgewendeten Mittel ins Verhältnis zu den erreichten Wirkungen.
Wirksamkeit *(effectivness)*	Die Wirksamkeit setzt die erreichte Wirkung in das Verhältnis zu gesetzten Zielen. Die Wirksamkeit kann auch als Grad der Zielerreichung interpretiert werden.
Wirkungen (*impacts*)	Die Wirkung wird auf zwei verschiedenen Ebenen erfasst. Die Wirkung einer (Teil-)Maßnahme ist die durchschnittliche Wirkung aller unter dieser (Teil-)Maßnahme geförderten Flächen bzw. Vorhaben, abzüglich vollständiger Mitnahmen. Die Wirkung auf SPB- oder TF-Ebene entspricht der Gesamtwirkung aller relevanten Maßnahmen des Programms (z. B. reduzierter Bodenabtrag/ha bezogen auf die AL des Programmgebietes). Die Wirkung wird anhand des „Impact Indicators“ quantifiziert.
Zweckdienlichkeit (*relevance*)	Die Zweckdienlichkeit bzw. Relevanz wird eingeordnet anhand der Kriterien Handlungsbedarf im Programmgebiet, Eignung der ELER-VO zur Problemlösung sowie Kontext der Förderung.

0 Zusammenfassung und Summary

Zusammenfassung

In diesem Bericht werden die Wirkungen des Landesprogramms ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022 auf den Bodenschutz thematisiert. Untersucht werden zum einen die Wirkung der mit Bodenschutzzielen (Schwerpunktbereich Bodenschutz 4C) programmierten Maßnahmen zur Verhinderung der Bodenerosion, Verbesserung der Bodenbewirtschaftung sowie Beiträge zur Kohlenstoffspeicherung im Boden. Zum anderen geht es um die Wirkung weiterer Maßnahmen, die kein explizites Bodenschutzziel verfolgten, aber Wirkungen hatten.

Für die Analyse der Ressourcenschutzwirkungen wurden für die Flächenmaßnahmen Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems genutzt. Für die investiven Maßnahmen konnte auf Förderdaten und die Ergebnisse der maßnahmenbezogenen Evaluierungsberichte zurückgegriffen werden. Darüber hinaus wurde ein systematischer Literaturreview vorgenommen. Methodisch wurden Wirkungspfadanalysen, Kalkulationen zur Allgemeinen Bodenabtragsgleichung sowie Mit-Ohne-/Vorher-Nachher-Vergleiche durchgeführt. Relevant sind insgesamt konkrete maßnahmenbezogene Bewertungskriterien, welche den Wirkungspfaden Bodenerosionsschutz (Wasser und Wind), Beitrag zur Speicherung von Kohlenstoff im Boden sowie Verbesserung des Bodenschutzes im Wald zugeordnet sind.

Im Hinblick auf das Ziel einer Senkung des Bodenabtrags durch **Wassererosion** konnten 2,2 % der Flächen in der Wassererosionskulisse mit sehr hoher Erosionsgefährdung ($CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$ bzw. $E_{nat}5$ und $E_{nat}6$) durch Flächenmaßnahmen erreicht werden. Der potenzielle Bodenabtrag, der insgesamt durch das Programm vermieden wurde, liegt zwischen 0,1 Mio. t/a und 0,2 Mio. t/a. In Bezug auf die Tonnen pro Hektar Förderfläche wurde in der Summe der Maßnahmen zwischen rund 6,4 und 13,6 t/a verhindert. Im Mittel entspricht dies ca. 0,2 bis 0,3 t/ha*a. Den größten Beitrag leistete der Ökolandbau, da dieser sich zum einen durch eine hohe Bodenbedeckung und zum anderen durch vergleichsweise große Anteile in der Wassererosionskulisse auszeichnet. In Bezug auf die **Winderosion** wurden 2,3 % der CC_{Wind}-Kulisse durch die Fördermaßnahmen erreicht. Hierbei zeichneten sich die Winterbegrünung und der Ökolandbau durch einen hohen Anteil in der Kulisse aus und trugen damit am stärksten zum Winderosionsschutz durch Erhöhung der Bodenbedeckung bei. Durch das Programm konnten potenziell 245.106 t/a **Kohlenstoff in den Boden** eingetragen werden. Dabei wurde der Großteil des organischen Kohlenstoffs durch den Ökolandbau (34 %) und die Vielfältigen Kulturen (32 %, Kombination mit Ökolandbau ebenfalls 32 %) erbracht. Die Ergebnisse basieren auf den vereinfachten Humusbilanzen nach der Methodik des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Im Gegensatz zur konventionellen Bewirtschaftung bzw. zur Situation ohne Förderung wurde so mehr Kohlenstoff in den Boden eintragen, was sich in einer deutlich positiveren bzw. stärker humusmehrenden, vereinfachten Humusbilanz zeigte. Die **investiven Maßnahmen** zeigten insgesamt größtenteils eine geringe positive Wirkung auf die betrachteten Bewertungskriterien. Dies liegt zum einen an der nicht vorhandenen Bodenschutzprogrammierung der Maßnahmen und der dadurch fehlenden Adressierung der Wirkungsfaktoren, wie z. B. Lenkung der Flächen auf die relevanten Kulissen (Erosionsschutz), zum anderen an den langen und z. T. indirekten Wirkungsketten der Vorhaben und Beratungen. Der **Wiederaufbau Wald** und der **Waldumbau** zeigten auf einer Fläche von über 1.500 ha eine mit der Literatur belegten Wirkungspfadanalyse die langfristige positive Wirkung auf die Verbesserung des Bodenschutzes im Wald, was sich wiederum positiv auf die Bodenbewirtschaftung der Forstflächen auswirkt.

Die **Wirksamkeit** der Maßnahmen in Bezug auf den Erosionsschutz leidet unter den vergleichsweise geringen Flächenanteilen in wasser- und winderosionsgefährdeten Gebieten. Auf die Fläche bezogen gibt es im Landesprogramm ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022 zwar hoch wirksame Maßnahmen, welche allerdings eine zu geringe Reichweite erzielten. Die Wirkung der gesamten

bodenschutzrelevanten Maßnahmen auf den Basistrend ist daher für den Bodenschutz und die Kohlenstoffspeicherung als gering positiv einzustufen.

Zudem wurden Untersuchungen zur Kosten-Wirksamkeit (Effizienz) der Maßnahmen durchgeführt, deren Erkenntnisse in die **Schlussfolgerungen und Empfehlungen** einfließen. Diese reichen von der Anhebung bodenschutzrelevanter GLÖZ-Standards über das Anbieten weiterer bodenbezogenen Maßnahmen und der Erhöhung des ELER-Budgets für den Bodenschutz bis hin zu konkreten Maßnahmenempfehlungen. Die Vorschläge beinhalten auch Empfehlungen für den Umbau des Maßnahmenangebots hinsichtlich der Lenkung auf erosionsgefährdete Flächen.

Summary

This report examines the effects of the *Landesprogramm ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein* 2014 to 2022 (Rural Development Programme, RDP) on soil protection. On the one hand, it examines the impact of measures programmed with soil protection objectives (Focus Area soil protection 4C) to prevent soil erosion, improve soil management and contribute to carbon storage in the soil. On the other hand, it looks at the impact of other measures that did not pursue an explicit soil protection objective but had an impact nonetheless.

Data from the Integrated Administration and Control System was used to analyse the resource conservation effects of area-based measures. For investment measures, funding data and the results of measure-related evaluation reports were used. In addition, a systematic literature review was conducted. Methodologically, impact pathway analyses, calculations using the Universal Soil Loss Equation and before-and-after comparisons were carried out. Overall, specific measure-related evaluation criteria are relevant, which are assigned to the impact pathways of soil erosion protection (water and wind), contribution to carbon storage in the soil and improvement of soil protection in forests.

With regard to the goal of reducing soil loss due to **water erosion**, 2.2 % of the areas at high risk of water erosion (*$CC_{Wasser}1$ and $CC_{Wasser}2$ or $E_{nat}5$ and $E_{nat}6$*) were achieved through area-based measures. The potential soil loss avoided by the programme as a whole is between 0.1 and 0.2 million tonnes per annum. In terms of tonnes per hectare of subsidised area, the measures prevented a total of between around 6.4 and 13.6 tonnes per annum. On average, this corresponds to approx. 0.2 to 0.3 t/ha*a. Organic farming made the largest contribution, as it is characterised by high soil cover on the one hand and comparatively large proportions in the water erosion scenario on the other. In terms of **wind erosion**, 2.3 % of the areas at risk of wind erosion (CC_{Wind} scenario) was achieved through the support measures. Winter greening/cover crops and organic farming accounted for a high proportion of the scenario and thus made the greatest contribution to wind erosion protection by increasing soil cover. The programme potentially enabled 245,106 tonnes of **carbon per annum to be added to the soil**. The majority of organic carbon was provided through organic farming (34 %) and diverse crops (32 %, combined with organic farming also 32 %). The results are based on simplified humus balances according to the methodology of the *Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten* (Association of German Agricultural Research Institutes). In contrast to conventional farming or the situation without subsidies, more carbon was added to the soil, which was reflected in a significantly more positive or stronger humus-increasing, simplified humus balance. Overall, the **investment measures** had a largely minor positive effect on the assessment criteria considered. This is due, on the one hand, to the lack of soil protection programming of the measures and the resulting failure to address impact factors, such as directing the areas to the relevant settings (erosion control), and, on the other hand, to the long and sometimes indirect chains of effects of the projects and consultations. The **forestry measures** *Wiederaufbau Wald* (forest restoration) and *Waldumbau* (forest conversion) were supported across a total area of over 1,500 hectares. The long-term positive effects on improving soil protection in forests are based on an impact pathway analysis documented in the literature. The measures have a positive effect on soil management in forest areas.

The **effectiveness** of erosion control measures is hampered by the relatively small proportion of land in areas at risk of water and wind erosion. In terms of area, the RDP does include highly effective measures, but these have had too little impact. The effect of all soil protection measures on the baseline trend can therefore be classified as slightly positive for soil protection and carbon storage.

In addition, studies were conducted on the cost-effectiveness (efficiency) of the measures, the findings of which are incorporated into the **conclusions and recommendations**. These range from raising GAEC standards (standards on good agricultural and environmental condition of land) relevant to soil protection, offering further soil-related measures and increasing the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) budget for soil protection, to specific recommendations for measures. The proposals also include recommendations for restructuring the range of measures with regard to targeting areas at risk of erosion.

1 Einleitung

Die ländliche Entwicklungspolitik ist die zweite Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union (EU). Mit dem Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein (SH) 2014 bis 2022 wird die ländliche Entwicklungspolitik der GAP in SH umgesetzt.[1]

Die GAP soll u. a. einen Beitrag zur Gewährleistung der nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und des Klimaschutzes leisten. Dabei spielt auch der Bodenschutz eine Rolle. Um die Wirkung des Programms zu bewerten, wird der Bodenschutz auch in den gemeinsamen Bewertungsfragen thematisiert (vgl. Abbildung 1).

Die Bewertungsfragen wurden – basierend auf dem damaligen Stand der Programmumsetzung – in den Jährlichen Durchführungsberichten für 2016 (MELUND, 2017) und 2018 (MELUND, 2019) beantwortet und müssen zur Ex-post-Bewertung 2026 erneut beantwortet werden. Dafür schafft der vorliegende Bericht die Grundlage.

In diesem Bericht werden also die Bodenschutzwirkungen des LPLR SH ermittelt und bewertet. Die Wirkungsevaluation des LPLR SH baut auf den Umsetzungs- und Wirkungsanalysen der Fördermaßnahmen auf, die einen Wirkungsbeitrag zu den oben genannten Fragestellungen leisten, unabhängig davon, ob sie mit einem expliziten Bodenschutzziel programmiert wurden.

1.1 Bewertungsauftrag

Aufgabe der Ex-post-Bewertung ist es, die Evaluierungskriterien Wirkungen (*impacts*), Wirksamkeit (*effectivness*), Kosten-Wirksamkeit (*efficiency*) sowie die Relevanz bzw. Zweckdienlichkeit (*relevance*) der Politik zu überprüfen (Art. 57, VO (EU) Nr. 1303/2013; Art. 68, VO (EU) Nr. 1305/2013). Unter Wirkungen werden alle mittel- bis langfristigen Veränderungen gefasst, die in Folge der Intervention entstanden sind. Die Wirksamkeit setzt die erreichte Wirkung ins Verhältnis zu gesetzten Zielen. Die Kosten-Wirksamkeit setzt die für die Förderung aufgewendeten Mittel ins Verhältnis zu den erreichten Wirkungen. So soll ermittelt werden, ob mit denselben Mitteln eine größere Zahl an Wirkungen hätte erzielt werden können oder ob dieselben Wirkungen kostengünstiger zu erreichen gewesen wären (EU-KOM, 2021).

Spezifische Anforderungen für die Evaluierung des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) sind im Common Monitoring Evaluation Framework (CMEF) festgelegt (Anhang IV und V, DVO (EU) Nr. 808/2014). Der CMEF enthält 30 Gemeinsame Bewertungsfragen, die unter Nutzung EU-weit einheitlicher Output-, Ergebnis- und Wirkungsindikatoren zu beantworten sind (EU-COM, 2018a).

[1] Die Förderkontinuität zwischen den Förderperioden 2007 bis 2013 und 2014 bis 2022 wurde je nach Vorhabenart durch ein oder mehrere Übergangsjahre sichergestellt. Die Finanzierung der Teilmaßnahmen und Vorhabenarten mit den Mitteln der neuen Förderperiode begann ab dem Jahr 2016.

Die Bewertungsanforderungen des CMEF für diesen Ziel- und Wirkungsbereich sind in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: ELER-spezifische Bewertungsanforderungen des CMEF für den Bodenschutz

Quelle: Eigene Darstellung nach von EU-COM (2018a), Bewertungskriterien vgl. Feinkonzept (Raue et al., 2023).
* Da im LPLR keine Zielprogrammierung für den Indikator vorgenommen wurde, wird dieser nicht weiter bedient.
Verwaltungsverträge bezeichnen Bewirtschaftungsverträge der Flächenmaßnahmen zwischen dem Antragstellenden und der geldgebenden Stelle über die Laufzeit, Fläche und Art der geförderten Maßnahme.

Oberer Teil der Abbildung 1:

- Der Ausgangspunkt der Bewertung sind die Maßnahmen des Schwerpunktbereichs (SPB) 4C, der auf die „Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung der mit der Land- und Forstwirtschaft verbundenen Ökosysteme mit Schwerpunkt […] auf die Verhinderung der Bodenerosion und Verbesserung der Bodenbewirtschaftung“ ausgerichtet ist (Art. 5 ELER-VO; VO (EU) Nr. 1305/2013).
- Durch Frage 10 werden die Umsetzung und Wirkungen der Maßnahmen bewertet, die ein programmiertes Ziel in Bezug auf den Bodenschutz (SPB 4C) haben. Eine Zuordnung von Maßnahmen zu prioritären (P) oder sekundären (x) Zielen erfolgte im Programmplanungsdokument und wird im Kapitel 3 „Relevante

Maßnahmen und Umsetzung“ genauer beschrieben. Die Maßnahmen mit programmiertem SPB 4C-Ziel werden unter Berücksichtigung des gemeinsamen Ergebnisindikators R10 zur Bewertung herangezogen.

Unterer Teil der Abbildung 1:

- Die Bewertungsfrage 26, der Beitrag zum Stillstand der Degradation der Ökosysteme und zur Wiederherstellung der Ökosystemleistungen, wird von der Evaluation auf das Themenfeld Biodiversität bezogen, um Redundanzen mit anderen Themenfeldern zu vermeiden (siehe Sander und Bathke (2026)).
- Die Bewertungsfrage 28, Beitrag zur Gewährleistung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und Klimaschutzmaßnahmen, richtet das Augenmerk auf die Wirkungen des Programms insgesamt und fragt nach seiner Wirksamkeit hinsichtlich der Erreichung der Ziele der EU-Biodiversitätsstrategie und der Umweltziele der GAP. Frage 28 wurde auf die abiotischen Ressourcen Wasser und Boden eingeengt. Im vorliegenden Bericht wird nur die Ressource Boden betrachtet, im Hinblick auf die Verringerung der Bodenerosion (Wassererosion) und die Stabilisierung des Humushaushalts bzw. hinsichtlich des Beitrags zur Kohlenstoffspeicherung im Boden. Die Wirkungen des Programms auf den qualitativen Wasserschutz (SPB 4B) werden im Bericht von Schwenger (2026) untersucht (Bewertungsfrage 28) und in diesem Bericht nicht mehr aufgegriffen. Die Klimaschutzwirkung des Programms, z. B. durch die Kohlenstoffspeicherung im Boden, wird im Bericht von Roggendorf et al. (2026) behandelt (Bewertungsfrage 24).
- Die bodenschutzbezogenen Wirkungen des Programms sind durch die Wirkungsindikatoren I.12 Gehalt des Bodens an organischer Materie im Ackerland und I.13 Wasserbedingte Bodenerosion zu quantifizieren. Dabei werden, zusätzlich zu den Maßnahmen mit Ziel im SPB 4C alle Maßnahmen des Programms mit bodenschutzrelevanten Wirkungen berücksichtigt.

1.2 Aufbau des Berichtes

Kapitel 2 beleuchtet die Relevanz der ELER-Förderung für den Bodenschutz und ordnet diese vor dem Hintergrund weiterer Instrumente zum Bodenschutz sowie dem Handlungsbedarf ein. Kapitel 3 stellt die bodenschutzrelevanten Maßnahmen des LPLR Schleswig-Holstein dar, die in der Wirkungsanalyse berücksichtigt werden. Die verwendeten Daten und Methoden für die Analyse der Wirkungen und der Kosten-Wirksamkeit sind in Kapitel 4 dargestellt.

In Kapitel 5 werden die bodenschutzrelevanten Wirkungen des LPLR SH indikatorbasiert ermittelt. Auf dieser Basis werden deren Wirksamkeit im Hinblick auf die Bodenschutzziele bewertet und die Bewertungsfragen beantwortet (vgl. Abbildung 1). Bei der Bewertung der Wirksamkeit wird die erreichte Wirkung ins Verhältnis zu vorgegebenen Zielen gesetzt (Kapitel 5.8). Kapitel 6 wirft einen Blick auf die Kosten-Wirksamkeit der Förderung und vergleicht verschiedene Maßnahmen mit Bodenschutzziel hinsichtlich der Kosten (Implementationskosten und Fördermittel) und der erreichten Wirkungen.

Die Bewertungsfragen 10 und 28 (nur der Bodenschutzbeitrag) werden im Kapitel 7 beantwortet. Kapitel 8 kondensiert die empirischen Befunde zur Relevanz, Wirkung, Wirksamkeit und Kosten-Wirksamkeit und endet mit Empfehlungen für die Ausgestaltung einer zukünftigen Förderpolitik.

Anmerkung: Entsprechend der VO (EU) Nr. 1305/2013 werden die Maßnahmen folgendermaßen unterschieden: Die oberste Ebene sind die Maßnahmen wie z. B. Agrarumwelt- und Klimamaßnahme (AUKM) (M 10) und der Ökologische Landbau (M 11). Im LPLR SH wurden z. B. auf Ebene des Ökologischen Landbaus die zwei Teilmaßnahmen (TM 11.1 und TM 11.2) angeboten. Eine weitere Untergliederung stellen Vorhabenarten dar, wie z. B. Vielfältige Kulturen im Ackerbau (VA 10.1.3). Beim Vertragsnaturschutz (VNS) werden wiederum mehrere Vertragsmuster unterschieden. Im folgenden Bericht wird übergreifend der Oberbegriff Maßnahmen verwendet. Bei der Thematisierung konkreter Fördertatbestände, werden diese als Vorhabenarten oder Vertragsmuster (beim Vertragsnaturschutz) bezeichnet.

2 Relevanz der Förderung

Die aktualisierte Ausgangslage und der daraus resultierende Handlungsbedarf werden in Bezug auf die Wirkungsbereiche Erosionsschutz (Wasser und Wind), Kohlenstoffspeicherung im Boden sowie Erhöhung der Naturnähe beschrieben.

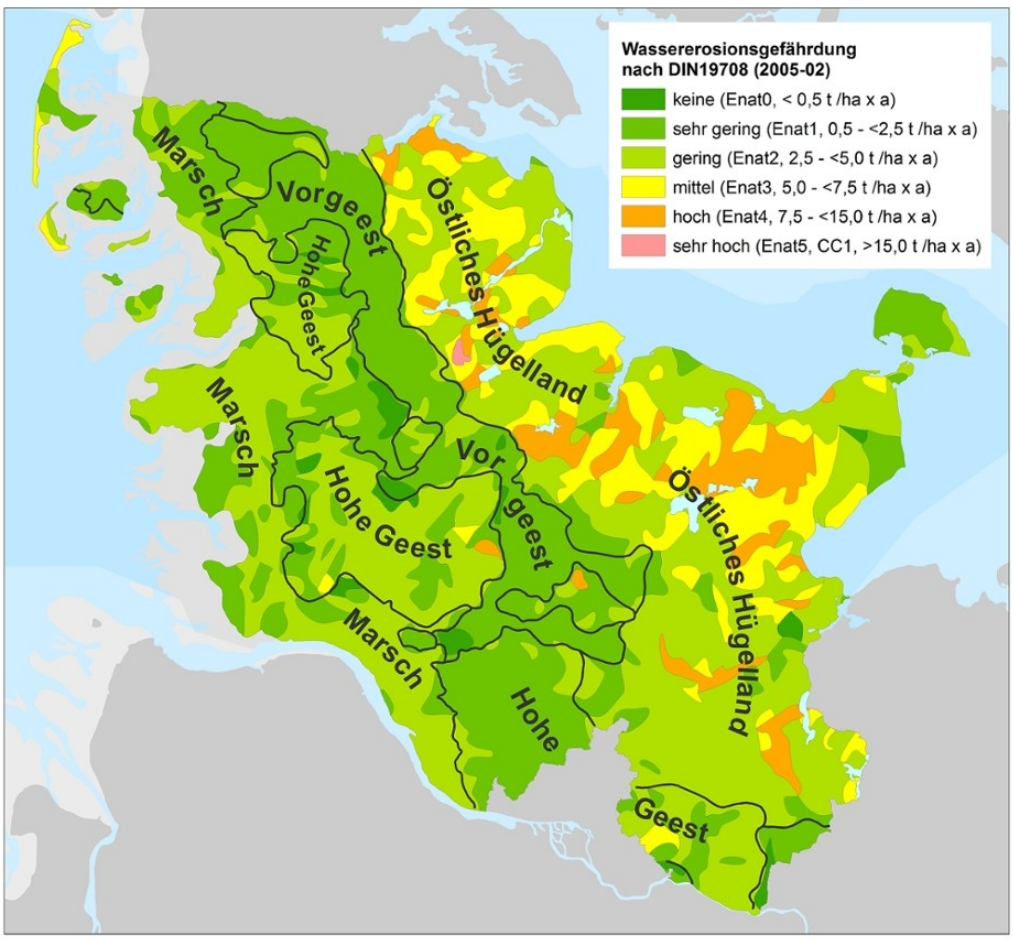
Ein weiteres wichtiges Bodenthema ist der Schutz vor Bodenverdichtung durch landwirtschaftliche Tätigkeit (gemäß der guten fachlichen Praxis, § 17 BBodSchG). Dieses Thema wird durch den ELER nur randständig adressiert und hier daher nicht betrachtet.

2.1 Aktualisierte Ausgangslage und Handlungsbedarf

2.1.1 Erosionsgefährdung

In Schleswig-Holstein weisen Teile des Landes eine hohe Gefahr für Wassererosion auf (vgl. Karte 1, Landesportal Schleswig-Holstein, 2022a).

Karte 1: Karte der natürlichen Wassererosionsgefährdung in Schleswig-Holstein



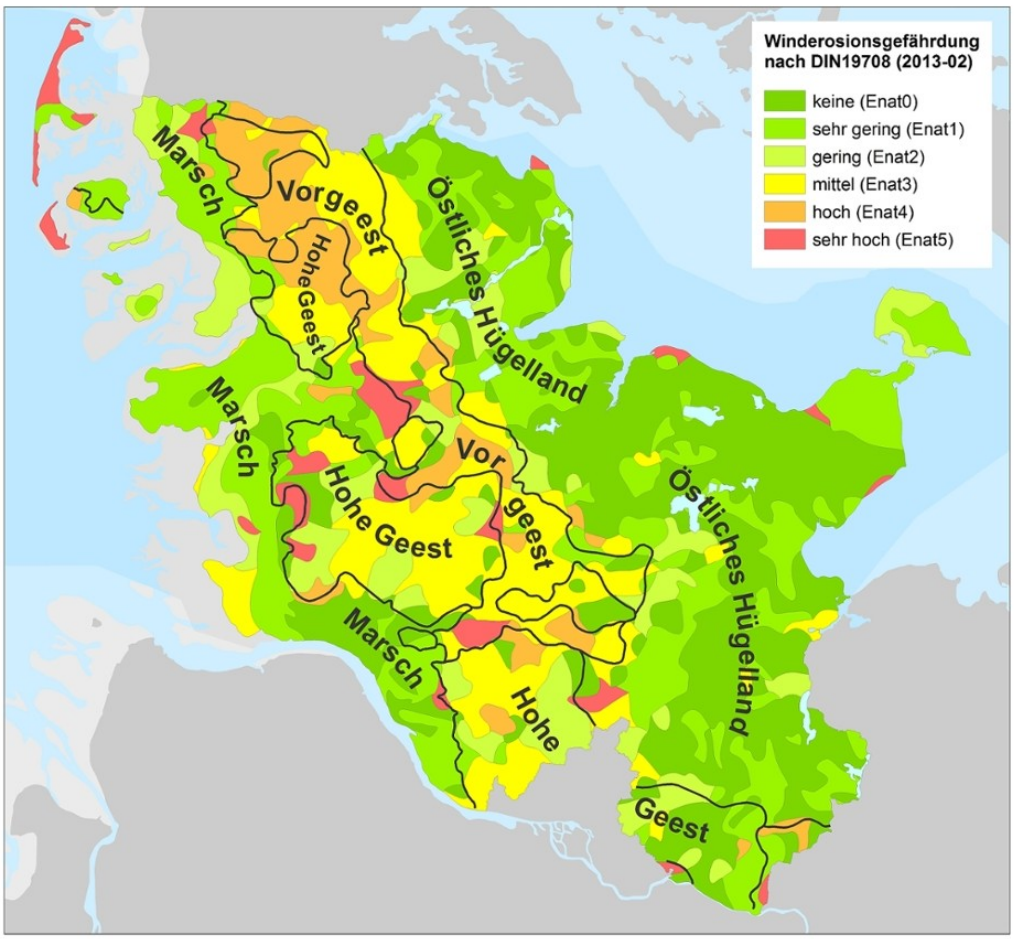
Quelle: Landesportal Schleswig-Holstein, 2022b

In Schleswig-Holstein sind insbesondere die steilen Hanglagen des östlichen Hügellandes von einer Erosionsgefährdung durch Wasser betroffen. Dort treffen die mittel bis hoch erodierbaren Oberböden auf

erosive Hangneigungen. Besonders ausgeprägt ist dies in den Hüttener Bergen, im Raum Glücksburg, in den Endmoränen des Westensees sowie im Gebiet des Hessensteins und des Bungsbergs. Besonders anfällig für Wassererosion sind Lössböden mit einem hohen Schluffanteil (> 70 %), tonarme Böden mit wenig aggregiertem Oberboden oder Sandböden mit einem hohen Anteil an Feinsanden (Umweltportal Schleswig-Holstein; MELUR, 2015; Honecker et al., 2022).

Eine sehr hohe Erosionsgefährdung durch Wind ist in den Dünen an Nord- und Ostsee sowie auf den Böden der Hohen Geest und Vorgeest vorzufinden (vgl. Karte 2). Durch Oberböden aus Reinsand mit einem geringen Gehalt an organischer Substanz und fehlenden Windhindernissen, wie Knicks ist das Potenzial der Winderosion sehr hoch. Die Geest ist ebenfalls, allerdings auf Böden aus schwach lehmigem Sand und schluffigem Sand, von mittlerer bis hoher Erosionsgefährdungen geprägt (MELUR, 2015; Umweltportal Schleswig-Holstein).

Karte 2: Karte der natürlichen Winderosionsgefährdung in Schleswig-Holstein



Quelle: Landesportal Schleswig-Holstein, 2022b

Der Handlungsbedarf ist als hoch einzustufen, da die Erosionsgefährdung durch Wind und Wasser viele Regionen in Schleswig-Holstein betrifft (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Einschätzung des Handlungsbedarfs zum Erosionsschutz

Handlungs-bedarf	Bedingungen	Bewertung im Programmgebiet
gering	Es gibt einen geringen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld, z. B. weil kein Problem vorhanden ist.	
mittel	Es gibt keinen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld. Ein Problem ist zwar vorhanden, jedoch in deutlich abgeschwächter Form (z. B. nur in einzelnen Kreisen).	
hoch	Es gibt einen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld.	●

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Kontextindikator C.42 Bodenerosion durch Wasser (Soil erosion by water) des CMEF (EU-COM, DG AGRI, 2023) bezieht sich auf den Bodenschutz und wird regelmäßig auf Ebene der Mitgliedstaaten und Bundesländer erfasst. Er umfasst zwei Unterindikatoren:

Als **erster Unterindikator** wird die Erosionsrate erfasst, welche in Deutschland bei 1,2 t/ha/a für das Jahr 2016 angegeben ist. Mit 0,5 t/ha/a weist Schleswig-Holstein einen eher geringen Wert auf. Nach dem **zweiten Unterindikator** „Anteil der moderaten bis hoch erosionsgefährdeten landwirtschaftlichen Fläche“ (>11 t/ha/a) liegt der Anteil in Schleswig-Holstein bei null Prozent. Durch geringe Werte von < 0,1 % der einzelnen Kreise werden diese in Summe anteilig an der Gesamtfläche Deutschlands nicht aufgeführt. Diese Auswertung beruht auf der Annahme einer homogenen Verteilung der Ackerkulturen auf Ebene der NUTS-1-Regionen (EU-COM, 2019). Die Erosionsgefährdung ist aber, wie bereits dargestellt, ein sehr kleinräumiges und standortspezifisches Problem und kann mit solchen Indikatoren nicht hinreichend beschrieben werden. Demnach werden für die weitere Beschreibung und Quantifizierung der Erosionsereignisse Berechnungen auf Grundlage der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) vorgenommen.

Für Schleswig-Holstein wird die von Erosion gefährdete Fläche im Rahmen der Einteilung landwirtschaftlicher Flächen nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung durch Wasser und Wind (AgrarZahlVerpflV) sowie DIN 19706 Wind und DIN 19708 Wasser erfasst (gem. spezifischer Erosionsschutzverordnung (ESchV, SH)). Sie wird aufgeteilt nach Cross Compliance (CC, weiteres zum Förderrecht siehe Kapitel 2.3) mit der Untergliederung für $CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$, CC_{Wind} sowie nach dem potenziellen Bodenabtrag entsprechend der natürlichen Erosionsgefährdung (E_{nat}-Stufen). Die sehr hoch durch Wassererosion gefährdete Ackerfläche lag im Jahr 2022 bei zusammen knapp 10.000 ha, was entsprechend der InVeKoS-Daten von 2022 ca. 1 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche und 1,6 % der Ackerfläche entspricht (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Wassererosionsgefährdung im Jahr 2022

CC-Kulisse	E_{nat}-Stufe	Bezeichung Erosionsgefährdung	Hektar
$CC_{Wasser}0$	$E_{nat}0$	Keine Erosionsgefährdung	7.430
	$E_{nat}1$	Sehr geringe Erosionsgefährdung	402.291
	$E_{nat}2$	Geringe Erosionsgefährdung	372.428
	$E_{nat}3$	Mittlere Erosionsgefährdung	134.919
	$E_{nat}4$	Hohe Erosionsgefährdung	60.839
$CC_{Wasser}1$	$E_{nat}5$	Sehr hohe Erosionsgefährdung	6.998
$CC_{Wasser}2$	$E_{nat}6$	Sehr hohe Erosionsgefährdung	3.127
		Summe	**988.032**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des LfU (2022) und InVeKoS (2022).

Die Winderosionsgefährdungskulisse CC_{Wind} umfasste im gleichen Jahr ca. 44.500 ha, was wiederum ca. 4,6 % der landwirtschaftlichen Flächen Schleswig-Holsteins entspricht (2022, vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Winderosionsgefährdung im Jahr 2022

CC-Kulisse	E_{nat}-Stufe	Bezeichung Erosionsgefährdung	Hektar
	$E_{nat}0$	Keine Erosionsgefährdung	262.760
	$E_{nat}1$	Sehr geringe Erosionsgefährdung	259.100
	$E_{nat}2$	Geringe Erosionsgefährdung	190.898
	$E_{nat}3$	Mittlere Erosionsgefährdung	125.101
	$E_{nat}4$	Hohe Erosionsgefährdung	105.692
CC_{Wind}	$E_{nat}5$	Sehr hohe Erosionsgefährdung	44.481
		Summe	**988.032**

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des LfU (2022) und InVeKoS (2022).

Zum Zeitpunkt der Programmlegung (2015) wurde neben dem geltenden Ordnungsrecht (BBodSchG[2], BBodSchV[3]) das Thema Bodenerosion zuerst in der nationalen Biodiversitätsstrategie (BMU, 2007) allgemein aufgegriffen. Sie enthält das Ziel, die Bodenerosion bis 2020 kontinuierlich zurückzuführen. In Schleswig-Holstein wurden die Vorgaben des BBodSchG in das Gesetz zur Ausführung und Ergänzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes für das Land Schleswig-Holstein überführt (Landesbodenschutz- und Altlastengesetz - LBodSchG, 2002). Die EU verabschiedete 2011 ihre EU-Biodiversitätsstrategie, welche ein Aufhalten der Verschlechterung der Ökosysteme bis 2020, aber keine Konkretisierungen zur Bodenerosion enthielt (Agra-Europe 2011).

[2] Bundes-Bodenschutzgesetz

[3] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

2.1.2 Kohlenstoffspeicherung im Boden

Für eine hohe Bodenfruchtbarkeit ist vor allem ein hoher Humusgehalt entscheidend. Dieser richtet sich nach der Menge und Zusammensetzung des Eintrags an organischer Substanz (auch organischer Dünger), ihrem Abbau und ihrer Stabilisierung im Boden sowie den geogenen Bodeneigenschaften und äußeren Klimafaktoren. Durch eine Bewirtschaftung des Bodens oder das Einbringen von langfristigen Landschaftselementen wie z. B. Hecken kann der Humusgehalt stabilisiert oder sogar erhöht werden. Humus wiederum besteht zu ca. 58 % aus Kohlenstoff (Flessa et al., 2018; Wiesmeier et al., 2020; Jacobs et al., 2018). Demnach ist der Eintrag von organischem Kohlenstoff in den Boden ein zentrales Bewertungskriterium.

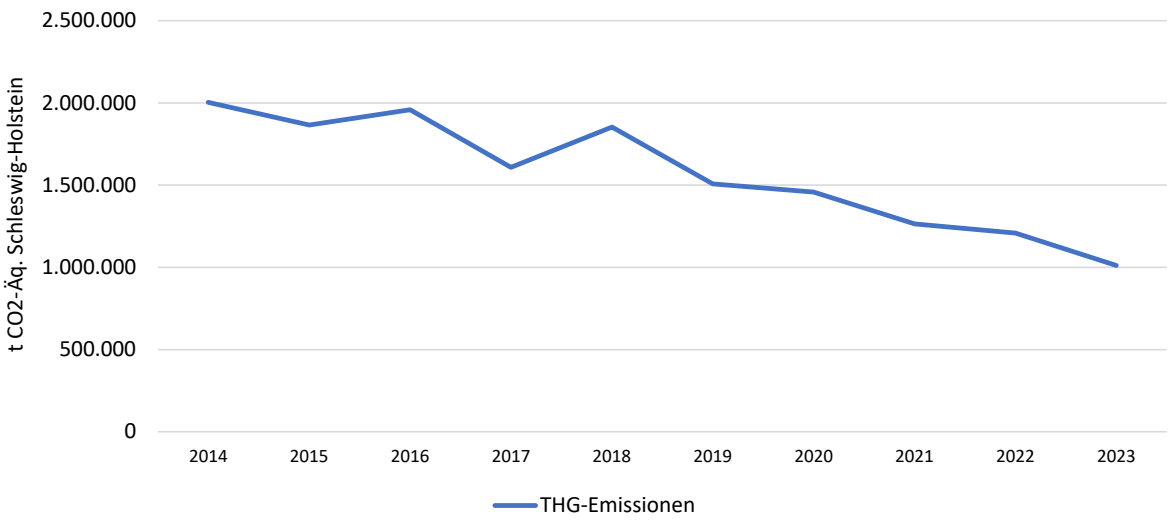
Auf der einen Seite bietet ein erhöhter Gehalt an Bodenkohlenstoff die Möglichkeit, die Bodenstruktur zu verbessern und eine erhöhte Wasserinfiltration zu erreichen, was wiederum die Erosionsanfälligkeit verringert (Paul et al., 2023; Lenka und Fernández-Gentino García, 2021). Auf der anderen Seite ist mit dem Verlust von Oberboden durch Erosion auch der Verlust von Humus und damit auch Kohlenstoff sowie Pflanzennährstoffen verbunden (Honecker et al., 2022; Brunotte et al., 2022; Klein et al., 1999). Demnach ist auf Ackerflächen in SH, auch vor dem Hintergrund des Klimawandels und der daraus folgenden veränderten Bodenprozesse, der standortangepasste Bodenkohlenstoffgehalt aufrechtzuerhalten und eine humusschonende Bodenbearbeitung anzustreben. Dies ist auch im Energiewende- und Klimaschutzgesetz von SH festgeschrieben. Dort wird explizit die Erhaltung von Humus als natürlicher Kohlenstoffspeicher sowie der Humusaufbau als potenzielle Kohlenstoffdioxidsenke aufgeführt (EWKG).

Die Vorgabe, den standorttypischen Humusgehalt eines Bodens zu erhalten, um die Bodenfruchtbarkeit zu sichern, leitet sich aus dem Prinzip der guten fachlichen Praxis (gfP) aus dem BBodSchG ab. Darauf aufbauende Bestrebungen, gezielt den Kohlenstoffvorrat im Boden durch Anpassungen der Bewirtschaftung zu erhöhen, um die THG-Emissionen aus dem Bereich der Landwirtschaft zu verringern, wurden gesetzlich erst nach dem Zeitpunkt der Programmlegung (2015) in der betrachteten Förderperiode (FP) v. a. im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG 2019) verankert (siehe dazu Kapitel 2.3).

Ackerflächen stellen eine wichtige Größe in der nationalen THG-Berichterstattung dar. Sie sind dem sogenannten LULUCF-Sektor (Land use, land-use change and forestry) zugeordnet. Grob unterschieden werden die fünf verschiedenen Flächennutzungen Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete und Siedlungen. Je nachdem, ob sie Kohlenstoff im Boden binden oder THG emittieren, werden sie in Senken oder Quellen eingeteilt. Ackerland in Schleswig-Holstein ist von den genannten Flächennutzungen mit rund 1 Mio. t CO_2-Äq. im Jahr 2023 die zweitgrößte Quelle von THG-Emissionen. Die Emissionen sind seit 2014 tendenziell gesunken (Abbildung 2). Mit den umgesetzten ELER-Maßnahmen kann durch die Speicherung des Kohlenstoffs im Boden ein Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit und Humusmehrung geleistet werden.

Weitere Ausführungen zu den THG-Emissionen im LULUCF-Sektor im Zusammenhang mit Klimaschutz und Klimaanpassung (SPB 5D und E) sind dem Bericht von Roggendorf et al. (2026) zu entnehmen.

Abbildung 2: THG-Emissionen der Ackerflächen in Schleswig-Holstein im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung mit Werten von Gensior (2025).

Eine zeitliche Entwicklung des Kohlenstoffgehalts im Boden kann mit einem bodenbezogenen Kontextindikator nachvollzogen werden. Dieser basiert auf dem LUCAS Topsoil Survey, wird durch das Joint Research Center (JRC) der EU-KOM erfasst und im Rahmen des GAP-Monitorings berichtet. Der Kontextindikator C.41 Soil organic matter in arable land gibt die geschätzte Menge an organischem Kohlenstoff in landwirtschaftlichen Flächen (Ackerland, Grünland und Dauerkulturen) an (Oberboden: 0 bis 20 cm). Differenziert werden zwei Unterindikatoren: zum einen der mittlere Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff und zum anderen die geschätzte gesamte Menge an organisch gebundenem Kohlenstoff (EU-COM, DG AGRI, 2023). Werte für den Kontextindikator lagen für Deutschland nur für die Jahre 2011, 2015 und 2018 vor sowie für Schleswig-Holstein für das Jahr 2013 (Tabelle 4).

Tabelle 4: Kontextindikator C.41 Soil organic matter in arable land

Unterindikator	Einheit	Bezugsraum	Jahr			
			2011	2013	2015	2018
1. Mean organic carbon content	g/kg	Deutschland	16,3		30,1	26,5
		Schleswig-Holstein		22,3		27,1 [1)]
2 Total estimates of organic carbon content in arable land	Megatonnen (Mt)	Deutschland	11.781		1.306	1.004
davon Ackerland					416	620
		Schleswig-Holstein		61,8		

1) Auf Ackerland bezogen.

Quelle: Eigene Darstellung mit den Werten von EU-COM, 2015, 2018b, 2020; MELUR, 2015.

Im Jahr 2015 wurde für Deutschland ein mittlerer Gehalt von 30,1 g/kg (Unterindikator 1) sowie ein geschätzter Gesamtwert von 1.306 Megatonnen (Mt) (Unterindikator 2) berichtet. Dem Ackerland wurden dabei 416 Mt zugewiesen, was einem Anteil von ca. 32 % entsprach (EU-COM, 2015). Bis 2018 verringerte sich der Wert auf 26,5 g/kg (Unterindikator 1) und 1.004 Mt (Unterindikator 2). Der Anteil des Ackerlandes lag dort bei 620 Mt bzw. 62 % (hier wurden auch die Dauerkulturen mit eingerechnet) (EU-COM, 2020). In den NUTS-2-Regionen wird für Schleswig-Holstein ein Vorrat an organischem Kohlenstoff im Ackerland von 27,1 g/kg angegeben (EU-COM, 2018b).

In den obersten 90 cm[4] der Böden Schleswig-Holsteins sind 244 Mt C_{org} gespeichert. Diese Menge bezieht sich dabei auf die vier Hauptnaturräume Marsch, Vorgeest, Östliches Hügelland und Hohe Geest, die 90 % der Bodenoberfläche darstellen. Berechnungen aufgrund der Daten von Mordhorst et al. (2018) haben ergeben, dass die Vorgeest mit 218 t/ha den höchsten Kohlenstoffvorrat aufweist. Die Marsch hat einen durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt von 208 t/ha, gefolgt von der Hohen Geest und dem östlichen Hügelland mit 167 t/ha und 159 t/ha. Die Moore Schleswig-Holsteins machen mit 7 % zwar einen flächenmäßig kleinen Teil aus, speichern aber ca. 30 % des gesamten C_{org}-Vorrats (Mordhorst et al., 2018).

Die seit 1989 laufende Bodendauerbeobachtung auf Acker- und Grünlandflächen sowie unter Wald in SH erfasst u. a. den Gehalt und die Vorräte an C_{org} sowie deren zeitliche Veränderung in ausgewählten Böden. Aktuell werden 37 Standorte in vier verschiedenen bodenkundlichen Hauptnaturräumen beobachtet. Die Dauerbeobachtung zeigt, dass die größte Menge an C_{org} bis 30 cm Tiefe in den Ackerflächen der Bodenart Sand vorhanden ist. Den Höchstwert mit über 140 t C_{org}/ha zeigte die Bodendauerbeobachtungsfläche Schuby in der Geest/Vorgeest (1999 bis 2016). Die Ackerflächen in Schuby sind von Mais- und Getreideanbau geprägt (LLUR, 2017). Die Vorgeest wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt und weist aufgrund der weichseleiszeitlichen Entstehung großflächige Sanderflächen auf (BfN, o.J.). Sie unterliegen demnach auch einer hohen Winderosionsgefährdung. Die geringsten Ergebnisse C_{org}-Gehalte wurden unter Grünlandnutzung (0 bis 5 cm) mit ca. 15 t C_{org}/ha im Zeitraum von 2006 bis 2016 am Standort Lindhöft 1 gemessen, welcher im Raum der Eckernförder Bucht im östlichen Hügelland liegt (LLUR, 2017).

Die Kohlenstoffgehalte in den Ackerflächen in Modellrechnungen zur Bodenzustandserhebung deuten in vielen Regionen Deutschlands auf einen negativen Trend (Verlust von 0,2 t/ha*a) hin (Flessa et al., 2018). Entgegen des bundesweiten Trends sind in einigen Regionen (z. B. im östlichen Schleswig-Holstein) positive Humussalden zu finden. Diese werden durch die intensive Tierhaltung erreicht, die der Humuszehrung durch den Pflanzenbau entgegenwirken (Baum et al., 2025).

Die Kohlenstoffspeicherung im Boden gewinnt auch vor dem Hintergrund des Klimawandels zunehmend an Bedeutung (Wüstemann et al., 2023). Der Eintrag von organischem Kohlenstoff in den Boden sollte in Deutschland unter Berücksichtigung des Klimawandels und den damit zusammenhängenden Änderungen (schnellere soil organic carbon (SOC) Dekomposition, erhöhter Kohlenstoffeintrag durch steigende Nettoprimärproduktion) zwischen 1,3 t/ha und 2,3 t/ha höher liegen als heute, um zumindest den aktuellen C_{org}-Vorrat im Boden zu erhalten (Riggers et al., 2021).

Aufgrund der gesunkenen CO_2-Emissionen der Ackerflächen in den letzten neun Jahren und des sinkenden mittleren Gehalts an organisch gebundenem Kohlenstoff von 2015 bis 2018 im Boden ist von einem **mittleren Handlungsbedarf** auszugehen (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Einschätzung des Handlungsbedarfs zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Handlungs-bedarf	Bedingungen	Bewertung im Programmgebiet
gering	Es gibt einen geringen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld, z. B. weil kein Problem vorhanden ist.	
mittel	Es gibt keinen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld. Ein Problem ist zwar vorhanden, jedoch in deutlich abgeschwächter Form (z. B. nur in einzelnen Kreisen).	●
hoch	Es gibt einen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld.	

Quelle: Eigene Darstellung.

[4] Die Untersuchungen unterscheiden sich in ihren analysierten Oberbodenmächtigkeiten, sodass in den folgenden Absätzen verschiedene Bezugsgrößen und Betrachtungsweisen dargestellt sind.

2.1.3 Verbesserung des Bodenschutzes im Wald

Schleswig-Holsteins Waldfläche umfasst rund 182.450 Hektar, was 11,5 % der Landesfläche entspricht. Damit ist SH das waldärmste Bundesland Deutschlands. Der schleswig-holsteinische Wald besteht zu 68 % aus Laubbäumen und zu 31 % aus Nadelbäumen (MLLEV, 2024). Die Waldverteilung in SH ist regional sehr unterschiedlich. Große zusammenhängende Wälder gibt es vor allem im südlichen Teil des Bundeslandes. Im Westen auf der Geest und der Vorgeest befinden sich die Wälder mit dem höchsten Nadelbaumanteil (Landesportal Schleswig-Holstein, 2021). Ein großer Teil des Waldes (50 %) ist in Privatbesitz und 24 % der Gesamtwaldfläche wurden im Rahmen von Natura 2000 als FFH- oder Vogelschutzgebiete gemeldet[5] (MLLEV, 2024).

Im Rahmen der Bundeswaldinventur wurde die aktuelle Baumzusammensetzung in Schleswig-Holstein mit der potenziellen natürlichen Vegetation verglichen. Infolgedessen werden rund 35 % der Waldfläche als naturnah bzw. sehr naturnah eingeschätzt (Thünen-Institut, 2022). Die Verschlechterung der Vitalitätswerte setzt sich fort, was die bereits seit dem Jahr 2018 feststellbare negative Entwicklung weiter verschärft. Die mittlere Kronenverlichtung nimmt weiter zu und erreichte 2024 den zweithöchsten Wert seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1984 (23 %). Besonders die nicht in SH heimischen Fichten zeigten im Jahr 2024 einen hohen Anteil stark geschädigter Bäume (NW-FVa und MLLEV, 2024). An den Standort angepasste Baumarten sind deutlich resilienter gegenüber Kalamitäten als standortfremde Arten, weshalb ein Umbau der Wälder positive Wirkungen auch für den Bodenschutz mit sich bringt.

Trotz einer günstigen Witterung im Jahr 2023/24, die zwar deutlich zu warm, aber gleichzeitig auch sehr nass war, und somit den erhöhten Verdunstungsanspruch der Pflanzen durch eine ausreichende Niederschlagsmenge ausgleichen konnte, stellt der Waldzustandsbericht 2024 eine leichte Verschlechterung des Gesamtzustandes des Waldes im Vergleich zum Vorjahr fest. Gründe dafür liegen vor allem in den Dürreperioden der vergangenen Jahre, insbesondere 2018, welche die Wälder langfristig geschwächt haben. Intensive Trockenheitsperioden können zu erheblichen Veränderungen in der Struktur und Zusammensetzung von Waldökosystemen führen und die Konkurrenzverhältnisse zwischen Baumarten beeinflussen. Gleichzeitig können ausgeprägte Trockenheitsphasen negative Auswirkungen auf die Biodiversität, die Stabilität, die Speicherung von Kohlenstoff und die langfristige ökonomische Bewertung von Wäldern haben (Tresch et al., 2022).

Die Wälder in Schleswig-Holstein sind im bundesweiten Vergleich nur in geringem Maße vom Borkenkäferbefall betroffen, da die im Bundesland häufig vorkommenden Mischwälder eine höhere Resilienz aufweisen. Dennoch gab es in den letzten Jahren auch in Schleswig-Holstein punktuelle Schäden durch Borkenkäfer, insbesondere in Nadelwaldbeständen der Geestgebiete. Durch Witterungsextreme wie Hitze- und Trockenperioden sind die deutschen Waldbestände allgemein anfälliger für den Befall von Schaderregern. Zudem fördert das feuchtwarme Klima auch die Entwicklungsmöglichkeiten pathogener Pilze (NW-FVa und MLLEV, 2024).

Die Verbesserung der Resilienz der Wälder gegenüber zukünftigen Kalamitäten kann durch Maßnahmen wie die Veränderung der Bestockungsverhältnisse hin zu trockenheitsresistenteren Baumarten und mehr Laub- und Mischwaldbeständen unterstützt werden. Resiliente Wälder sind im Hinblick auf den Klimawandel und zukünftig zunehmende Extremwetterereignisse sinnvoll und notwendig. Aus der dargestellten Problemlage ergibt sich mittlerer Handlungsbedarf zur Veränderung der Bestockungsverhältnisse im Wald, um den Bodenschutz zu erhöhen (vgl. Tabelle 6).

[5] Berechnung basierend auf MELUR (2012), Daten des BfN und MELUND (div. Jgg.).

Tabelle 6: Einschätzung des Handlungsbedarfs zur Erhöhung der Naturnähe

Handlungs-bedarf	Bedingungen	Bewertung im Programmgebiet
gering	Es gibt einen geringen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld, z. B. weil kein Problem vorhanden ist.	
mittel	Es gibt keinen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld. Ein Problem ist zwar vorhanden, jedoch in deutlich abgeschwächter Form (z. B. nur in einzelnen Kreisen).	●
hoch	Es gibt einen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld.	

Quelle: Eigene Darstellung.

2.2 Eignung der ELER-VO zur Problemlösung

Bei der Diskussion der Eignung des ELER zur Problemlösung sind auch die weiteren Rahmenbedingungen, insbesondere die Förderbedingungen des Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL), der sogenannten ersten Säule, und deren Einfluss auf die Bodenbewirtschaftung zu berücksichtigen. Dies sind in erster Linie die **Cross Compliance-Regelungen**, **GLÖZ-Standards** und das **Greening**.

Der Bodenschutz wird im Rahmen des EU-Förderrechts in der ersten und in der zweiten Säule mit den CC-Regelungen adressiert. Diese legen die Mindeststandards fest, die einzuhalten sind, um Direktzahlungen zu erhalten. Das Instrument der CC-Regelungen ist prinzipiell für die Verbesserung der Bodenbewirtschaftung geeignet, da hierdurch die Mehrzahl der EU-Betriebe und 85 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen erreicht werden (EuRH, 2023). In SH ist der Anteil an landwirtschaftlichen Flächen, die von Direktzahlungen erreicht werden, mit 98,3 % noch deutlich höher als im EU-Durchschnitt (DESTATIS, 2024). Aufgrund der Kombination finanzieller Einkommensunterstützungen mit der Entlohnung von Ökosystemdienstleistungen weisen die CC-Regelungen das Potenzial auf, den Vollzug des Ordnungsrechts und darüber hinausgehende GLÖZ-Standards (Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand) über die Verknüpfung mit den Direktzahlungen zu kontrollieren und zu sanktionieren (WBAE, 2018). Basierend auf Modellierungsergebnissen konnten leicht positive Effekte der CC-Vorschriften für den Bodenschutz festgestellt werden (Feindt et al., 2021).

Cross Compliance-Regelungen (CC-Regelungen)

Die CC-Regelungen müssen gemäß der VO (EU) Nr. 1306/2013 von allen Betrieben eingehalten werden, um die Agrarzahlungen (Direktzahlungen) zu erhalten. Es besteht eine Pflicht zur Einhaltung der Vorschriften in den Bereichen Umweltschutz, Klimawandel, guter landwirtschaftlicher Zustand der Flächen, Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie Tierschutz. Zu den CC-Regelungen gehören sieben GLÖZ-Standards (s. u.) und 13 Regelungen zu den Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB).

Bodenbezogene GLÖZ-Standards

Konkret werden zum Erosionsschutz im GLÖZ 4-Standard „Mindestanforderungen an die Bodenbedeckung" Vorgaben zur bodenschonenden Bewirtschaftung definiert einschließlich Begrünungspflicht und Pflegezeitpunkt, was wiederum auch dem Schutz vor Erosion dient. Der GLÖZ 5-Standard „Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung zur Begrenzung von Erosion" sichert die Mindestanforderungen sowie zulässigen Bodenbearbeitungszeitpunkte und -methoden abhängig vom Grad der Wasser- und Winderosionsgefährdung und ist demnach mit wirkungsvollen Vorgaben zum Schutz vor Erosion versehen. Ein konkretes Beispiel dafür besteht in einem zeitlichen Pflugverboten (AgrarZahlVerpflV).

Im Bereich der Kohlenstoffspeicherung im Boden ist als zentraler Punkt für die Bodenfruchtbarkeit der GLÖZ 6-Standard „Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden" wirksam. Er beinhaltet das Verbot des Verbrennens der Stoppelfelder und von Stroh auf Stoppelfeldern zum Erhalt des Bodenkohlenstoffs. Des Weiteren wird der Austrag von Bodenkohlenstoff indirekt durch die GLÖZ-Standards 4 und 5 durch Vorgaben zur Begrenzung der Erosion thematisiert.

Greening

Das Greening als Baustein zur Erhaltung der Direktzahlungen gibt die Einhaltung von drei Elementen vor: Anbaudiversifizierung, Schutz von umweltsensiblem Dauergrünland und die Flächennutzung im Umweltinteresse (auch ÖVF) (VO (EU) Nr. 1307/2013). 30 % der Direktzahlungen sind an die Erbringung definierter Umweltauflagen geknüpft. Diesen Auflagen unterliegen generell alle Direktzahlungsempfänger:innen. Als *green by definition* – und somit Betriebe, die nicht den Greeningverpflichtungen unterlagen, aber dennoch die Zahlung erhielten – galten alle anerkannten Ökolandbaubetriebe und Betriebe, die im Jahr 2015 die Kleinerzeugerregelung beantragt hatten sowie Betriebe ohne Basiszahlungen und solche mit sehr hohen Grünlandanteilen.

Die große Mehrzahl der landwirtschaftlichen Betriebe setzte das Greening um. Bestandteil des Greenings war auch die Anlage **Ökologischer Vorrangflächen** (ÖVF). Diese waren mit geringen Wirkungen für den Erosionsschutz, die Bodenfruchtbarkeit und einer Verringerung der Belastung landwirtschaftlicher Böden verbunden (Lakner, 2018; Nitsch et al., 2017; Röder et al., 2021). Am wirkungsvollsten für den Bodenschutz waren die Streifenelemente und Brachflächen (Lakner, 2018). Am stärksten wurde im Jahr 2021 der Zwischenfruchtanbau umgesetzt (ca. 78 % der ÖVF), gefolgt von den Brachen ohne Erzeugung (ca. 14 % der ÖVF) (vgl. Tabelle 9 im Bericht von Reiter et al., 2024).

Der **ELER** als **zweite Säule** bietet weitergehende Fördermöglichkeiten. Von Bedeutung sind hier insbesondere Flächenmaßnahmen, aber auch Beratungs-/Bildungsmaßnahmen sowie die Förderung investiver Vorhaben, vor allem die des Natur- und Gewässerschutzes und von Kooperationsprozessen. Den Bodenschutz adressieren können bei entsprechender Ausgestaltung in erster Linie die **AUKM** und der **Ökolandbau**. Das Ambitionsniveau der meist fünf- bis siebenjährigen AUKM muss über dem der ersten Säule liegen, baseline gem. Art. 28 VO (EU) Nr. 1305/2013), und lässt positive Effekte für den Bodenschutz erwarten. Die Höhe der AUKM-Zahlungen orientiert sich an den zusätzlichen Kosten und dem Einkommensverlust (Feindt et al., 2021). Das Budget basiert zum einen auf der Tatsache, dass insgesamt nicht genügend Mittel zur Verfügung stehen, um alle Problemlagen bedarfsgerecht zu adressieren (EuRH, 2023; Röder et al., 2019). Zum anderen unterliegt die zielbezogene Mittelverteilung auch dem politischen Abwägungsprozess (Feindt et al., 2021).

Die ELER-Förderung ist demnach prinzipiell geeignet, gezielt an Problemlagen anzusetzen und Veränderungen der Bodenbewirtschaftung zu bewirken, die über das Ordnungsrecht und das Förderrecht der ersten Säule hinausgehen. Darüber hinaus können durch den ELER bodenschutzrelevante Wirkungen durch die Förderung investiver Vorhaben im Bereich des Natur- und Gewässerschutzes, der Förderung forstlicher Maßnahmen sowie von Bildungs- und Beratungsmaßnahmen erreicht werden.

Allerdings wird das Potenzial der GAP weder bei den Anforderungen der bodenbezogenen CC-Standards inkl. GLÖZ (erste Säule) noch bei der bodenschutzbezogenen Ausgestaltung der Maßnahmen und der Höhe des zur Verfügung stehenden Budgets (zweite Säule) vollständig ausgeschöpft. Zudem wird nur ein Teil der Bodenthemen adressiert (Versiegelung und Bodenverdichtung fehlen).

Die Eignung des ELER, bodenschutzrelevante Themen zu adressieren, ist als mittel einzustufen (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Eignung der ELER-VO zur Lösung der Problemlagen und ihre Implementation im EPLR

Eignung	Bedingungen	Bewertung im Programmgebiet
gering	Der EPLR kann aufgrund der Vorgaben/Ausgestaltung der ELER-VO nur einen geringen Beitrag zur Problemlösung leisten.	
mittel	Der EPLR kann aufgrund der Vorgaben/Ausgestaltung der ELER-VO einen deutlichen Beitrag zur Problemlösung leisten.	●
hoch	Der EPLR kann (theoretisch) aufgrund der Vorgaben/Ausgestaltung der ELER-VO einen hohen Beitrag zur Problemlösung leisten.	

Quelle: Eigene Darstellung.

2.3 Kontext der Förderung

Der Bodenschutz ist in einen strategischen und rechtlichen Rahmen eingebunden, wobei Impulse vor allem von der EU gesetzt werden. Zentrale Gesetze und Strategien auf EU-Ebene sind EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 (2020), u. a. mit der Vorgabe der verstärkten Anstrengungen zur Erhöhung der organischen Substanz im Boden und Verringerung der Bodenerosion, sowie die EU-Bodenstrategie für 2030 (COM(2021) 699 final) mit dem Ziel der guten Bodengesundheit bis 2050. Das Bodenüberwachungsgesetz (2025), welches das Ziel der Bodengesundheit wieder aufgreift, setzt ein einheitliches Bodenmonitoring und eine einheitliche Bewertung des Bodenzustandes fest. Auf Bundesebene gibt es weitere Gesetze und Programme, welche bodenschutzrelevante Themen adressieren:

- Emissionsreduktion aus der Landwirtschaft (Bundesklimaschutzgesetz, KSG 2019),
- Anstreben standortgerechter Humusgehalte aller Ackerböden bis 2030, Erosion, Bodenschadverdichtung und Bodenversauerung mit Maßnahmen reduzieren (Ackerbaustrategie 2035, BMEL, 2021a),
- Entsiegelung vorantreiben (Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz, BMUV, 2023),
- Reduzierung Flächenneuinanspruchnahme auf < 30 ha/d bis 2030 und Netto-Null bis 2050 (Biodiversitäts-strategie, BMUV, 2024).

In Schleswig-Holstein bestehen für das Schutzgut Boden qualitative Zielvorgaben, die im Landesbodenschutzgesetz und im Landesprogramm zum Schutz der Böden und zum nachhaltigen Flächenmanagement verankert sind (Landesbodenschutz- und Altlastengesetz - LBodSchG, 2002; Drucksache 19/3020). Sie zielen insbesondere auf den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, den Schutz vor Erosion und Verdichtung sowie die Sicherung der natürlichen Bodenfunktionen ab.

Konkrete quantifizierte Zielgrößen speziell für den Bodenschutz im Wald sind in Schleswig-Holstein nicht formuliert; der Beitrag erfolgt vielmehr im Rahmen allgemeiner Bodenschutz- und Forstprogramme. Im Rahmen

der **forstlichen Förderungen** werden verschiedene Maßnahmen in Schleswig-Holstein auch außerhalb des LPLR angeboten wie die Bodenschutzkalkung als Teil der naturnahen Waldbewirtschaftung und die Erstaufforstung. Der Waldumbau, die standortangepasste Neuwaldbildung und die Bodenschutzkalkung leisten wichtige Beiträge zur Verbesserung und Stabilisierung der Waldböden, während eine schonende Holzernte und Rückegassenkonzepte der Bodenverdichtung vorbeugen (Gröning, 2025). Auch die Erhöhung des Waldanteils auf 12 % der Landesfläche sowie die stärkere Einbindung standortgerechter Laubbäume sollen zum Bodenschutz beitragen. Naturwälder werden dabei gezielt auch zur Steigerung der Humusvorräte in der Biomasse entwickelt. Schließlich wird das Thema Bodenschutz auch in der forstlichen Aus- und Weiterbildung sowie in der Beratung verstärkt berücksichtigt (Drucksache 19/3020).

Die Zertifizierung für den Aufbau von organischem Kohlenstoff (sogenannte „**Humuszertifikate**“) ist ein anderes Instrument, welches während der Förderperiode zunehmend mehr Aufmerksamkeit erhalten hat. Unter bestimmten Voraussetzungen ist es möglich, als Bewirtschafter:in Zertifikate zu erhalten, wenn nachweislich, dauerhaft und zusätzlich sowie ohne indirekte Landnutzungsänderungen (sogenannte Leakage-Effekte) Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden gebunden wird. Dazu zählen Maßnahmen wie z. B. Umwandlung von Ackerland in Grünland, Verbleiben oberirdischer Erntereste auf dem Feld oder Anbau humusmehrender Kulturen (Wiesmeier et al., 2020). Diese Zertifikate sind bisher nicht Bestandteil des europäischen Emissionshandels (EU-ETS), sondern werden von privatwirtschaftlichen Initiativen und Firmen erstellt, um freiwillige Leistungen zu honorieren. Wie sich diese freiwilligen Zertifikate in Zukunft im Bereich der Landwirtschaft entwickeln, ist nicht abzusehen, sie können aber ein Anreiz sein, dass sich Landwirt:innen stärker mit einer nachhaltigen Bodenbewirtschaftung und Humusversorgung auseinandersetzen (ebd.). In Schleswig-Holstein existieren CO_2-Zertifikate, mit deren Verkauf u. a. die Wiedervernässung von Mooren gefördert werden (Joosten et al., 2015).

Im Rahmen des **Klimaschutzprogrammes 2030** wird explizit auf die Rolle der Landwirtschaft und der Bodenbewirtschaftung zur Erreichung der Klimaziele hingewiesen. Als Maßnahmen werden u. a. die angepassten Fruchtfolgen in Form von Anbaudiversifizierung mit Integration von Leguminosen und Grasgemengen sowie der Ökolandbau aufgeführt. Auch **Agroforst** und Hecken/Knicks werden als wichtige Maßnahmen in der Agrarlandschaft hervorgehoben (MEKUN, 2024b). Der **EGFL** öffnet neue Optionen im Hinblick auf den Bodenschutz in der **Förderperiode ab 2023**, da dann Agroforstsysteme als Ökoregelung (Beibehaltung) förderfähig sind (GAPDZG 2021; BMEL, 2024). Die Anlage von Agroforstsystemen, welche als linienhafte Strukturen zum Schutz vor (Wind-)Erosion wirken und die zum Kohlenstoffeintrag in den Boden beitragen, ist bei der Betrachtung des Bodenschutzes wichtig (Kay et al., 2019; Duttmann et al., 2011). Agroforstsysteme weisen ähnlich wie Hecken verschiedene Ökosystemdienstleistungen auf. Mit einer Pflanzung von Baumreihen in landwirtschaftlichen Bereichen kann aus Bodenschutzsicht ein Beitrag zur Erosionsvorsorge geleistet werden, aber auch Kohlenstoff langfristig in Form von Humus in den Böden gebunden werden (Unseld et al., 2011; Da Re et al., 2023). Agroforstsysteme können in Schleswig-Holstein im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen bzw. als Ökokontomaßnahme gefördert werden (Meyer und Klimke, 2024). Flächenmäßig liegt SH mit ca. 32 ha Agroforstfläche im bundesweiten Vergleich im unteren Mittelfeld (DeFAF, 2023). Die Neuanlage von Hecken kann zudem seit 2024 auch als biotopgestaltende Maßnahme in SH gefördert werden (MEKUN, 2024c).

Der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (**EFRE**) hatte 2014 bis 2020 in Schleswig-Holstein für die Finanzierung bodenschutzrelevanter Vorhaben auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen keine Bedeutung. Dieses Ergebnis basiert auf der Sichtung von EFRE-Projektlisten (Landesportal Schleswig-Holstein, 2025). Mit Bezug zum Bodenschutz allgemein wurden lediglich ein Vorhaben zur Bodensanierung von alten Industrieflächen sowie ein Vorhaben zur Veredlung von Pflanzenkohle aus regionalem Restholz gefördert (DVL, 2006; Landesportal Schleswig-Holstein, 2025).

Im Bereich der Landwirtschaft ist es demnach vor allem die GAP, welche die zentralen Förderanreize in den spezifischen Problemlagen/Kulissen sendet, wobei einige Themen wie z. B. die Bodenverdichtung nicht direkt adressiert werden. Im Forstbereich spielt die ELER-Förderung eine untergeordnete Rolle, da vielmehr die Landesförderung im Rahmen der Richtlinien für die Förderung forstwirtschaftlicher Maßnahmen als

Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) von Bedeutung ist (ForstförderRL). Insgesamt wird die Bedeutung des LPLRs im Verhältnis zum Kontext als mittel eingestuft (Tabelle 8).

Tabelle 8: Bedeutung des LPLR im Verhältnis zum Kontext

Eignung	Bedingungen	Bewertung im Programmgebiet
gering	Das Wirkungspotenzial des LPLR ist im Vergleich zu alternativen Instrumenten als gering einzuschätzen (Die Zielerreichung/Problemlösung wird durch den LPLR kaum beeinflusst.)	
mittel	Das Wirkungspotenzial des LPLR ist im Vergleich zu alternativen Instrumenten als bedeutsam einzuschätzen (z. B. zur Flankierung anderer Instrumente um besondere Ziele zu erreichen/Einzelfalllösung).	●
hoch	Das Wirkungspotenzial des LPLR ist im Vergleich zu alternativen Instrumenten als zentral/sehr hoch einzuschätzen.	

Quelle: Eigene Darstellung.

3 Relevante Maßnahmen und Umsetzung

In den folgenden zwei Kapiteln werden die bodenschutzrelevanten Maßnahmen aus dem ELER-Maßnahmenportfolio von SH ausgewählt. Diese werden dann anhand der Kriterien Zielsetzungen gemäß der Programmierung, geplante Zielgrößen (Kapitel 3.1) sowie erreichte Outputs (Kapitel 3.3) charakterisiert. Auch eine Kurzbeschreibung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen wird vorgenommen (Kapitel 3.2).

3.1 Zielsetzungen und geplante Outputs der Maßnahmen

Die für die Bodenschutzwirkung relevanten Maßnahmen mit prioritärem (P) oder sekundärem Ziel (x) im SPB 4C sind der Tabelle 9 zu entnehmen. Dort sind auch die öffentlichen Mittel und materielle Outputs laut Programm Version 8.1 dargestellt (MELUND, 2021). Die indikativen Ziele spiegeln die Situation nach der Verlängerung der Programmplanungsperiode und Integration der EURI-Mittel wider.

Tabelle 9: Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen

Code	Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Kurzbezeichnung	geplanter Output		Indikative Mittel [Mio. Euro]	Zielsetzung SPB 4C
				Wert	Einheit		
1.1	TM 1.1	Zielgruppenspezifische Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen	spezifische Weiterbildung	16.000	Teilnehm.	4,38	x
2.1.1	VA 2.1.1	Beratung für eine nachhaltige Landwirtschaft	Beratung Nachhaltigkeit	3.500	Teilnehm.	5,75	x
2.1.2	VA 2.1.2	Gewässerschutzberatung für die Landwirtschaft	Beratung Gewässerschutz	2.000	Teilnehm.	10,47	x
10.1.1	VA 10.1.1	Winterbegrünung	Begrünung	4.000	ha	4,99[1)]	x
10.1.3	VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen im Ackerbau	Vielfältige Kulturen	11.500	ha	6,33	x
11.1	TM 11.1	Ökologischer Landbau - Einführung	Einführung Ökolandbau	57.000	ha	168,51	P
11.2	TM 11.2	Ökologischer Landbau - Beibehaltung	Beibehaltung Ökolandbau				P
16.1	TM 16.1	Europäische Innovationspartnerschaften „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“	EIP-Agri	34	Vorhaben	12,75	x
Summe öffentlicher Mittel						**213,18**	

P = prioritäres Ziel, x = sekundäres Ziel

1) Indikative Finanzmittel für AUKM 10.1.1 Winterbegrünung und 10.1.2 Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zusammen.

Programmversion 8.1 (2021)

Quelle: Eigene Darstellung entsprechend der genehmigten Programme (MELUR, 2015; MELUND, 2021), Angaben der Verwaltungsbehörde, Fachreferate sowie dem Feinkonzept (Raue et al., 2023).

Bei EIP-Agri wurden bei der Programmierung aufgrund der Umsetzungsverfahren Zielsetzungen in allen potenziell möglichen SPB vorgesehen. Dies ergibt sich aus dem Wettbewerbsverfahren der Maßnahme, bei dem sich erst nach erfolgter Auswahl der Operationellen Gruppen der inhaltliche Schwerpunkt ergibt.

Für die Bewertung der Bodenschutzwirkung des Gesamtprogramms werden auch Maßnahmen ohne programmiertes Ziel, aber mit möglichen Wirkungen gemäß des Feinkonzepts aufgeführt (Ø) (Raue et al., 2023). Außerdem werden Maßnahmen aufgeführt, die zwar ohne Bodenschutzziel sind, aber aufgrund der Einschätzung der Evaluator:innen mit potenziellen positiven oder negativen Wirkungen benannt wurden (o). Die Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele

Code	Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Kurzbezeichnung	geplanter Output		Indikative Mittel [Mio. Euro]	Zielsetzung SPB 4C
				Wert	Einheit		
4.4	TM 4.4	Naturschutz und Landschaftspflege	NuL	95	Vorhaben	31,90	o
8.4	TM 8.4	Wiederaufbau nach Naturkatastrophen	Wiederaufbau Wald	1.165	ha	7,00	Ø
8.5	TM 8.5	Waldumbau	Waldumbau	725	Vorhaben	5,95	Ø
10.1.8	VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz	Vertragsnaturschutz	50.350	ha	119,64	o
	FP609	Ackerlebensräume	Ackerlebensräume	k. A.	ha	k.A.	o
Summe öffentlicher Mittel						**164,49**	

Ø = ohne Ziel, im Feinkonzept vereinbarte Untersuchung bei erwarteter Wirkung, o = ohne Bodenschutzziel aber mit potenziellen positiven/negativen Wirkungen

Quelle: Eigene Darstellung entsprechend der genehmigten Programme (MELUR, 2015; MELUND, 2021), Angaben der Verwaltungsbehörde, Fachreferate sowie dem Feinkonzept (Raue et al., 2023).

Insgesamt sind für die Maßnahmen ca. 372,7 Mio. Euro eingeplant. Die Einführung und Beibehaltung des Ökologischen Landbaus nimmt mit Abstand den größten Anteil der indikativen Mittel und der Fläche ein. Mit der Maßnahme soll ein Anteil von ca. 5,7 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche erreicht werden. Die Maßnahme wird mit 45 % der indikativen Mittel der bodenschutzrelevanten Maßnahmen unterstützt. Am geringsten sind die geplanten finanziellen Mittel bei den Zielgruppenspezifischen Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen, welche mit 1,7 % der Mittel 16.000 Teilnehmer:innen erreichen sollen (MELUND, 2021).

3.2 Interventionslogik der relevanten Fördermaßnahmen

3.2.1 Fördermaßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen

Durch die **zielgruppenspezifischen Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen** (1.1) wurde ein Angebot für nahezu alle Akteursgruppen der Agrarwirtschaft geschaffen, das durch Informationsveranstaltungen und Lehrgänge die Möglichkeit zur Verbesserung der beruflichen Qualifikation und der Stärkung der persönlichen Kompetenz und Motivation der Akteure bietet. Mögliche Themenbereiche waren beispielsweise die Tierhaltung, Unternehmensführung und -entwicklung, Pflanzenbau sowie Frauen im Agrarbereich. Für den SPB 4C relevant sind vor allem die Aspekte Bodenschutz und Ökologischer Landbau. Die Veranstaltungen wurden von der LWK SH angeboten und durchgeführt (Eberhardt, 2025).

Die Förderung für Hilfe bei der Inanspruchnahme von Beratungsdiensten (2.1) teilt sich in SH in zwei Vorhabenarten auf:

Die **Beratung für eine nachhaltige Landwirtschaft Nachhaltigkeit** (2.1.1) wurde zu verschiedenen Themen im ganzen Programmgebiet u. a. mit Bodenschutzbezug angeboten. Gefördert wurden die Anbietenden von Beratungsdienstleistungen, die wiederum Landwirt:innen und anderen Landbewirtschaftenden eine Beratung entsprechend der spezifischen Anforderungen der Betriebe anboten (Eberhardt, 2024a). Bis einschließlich 2022 wurde die Maßnahme gefördert. In dem Bericht von Eberhardt (2024a) wird die Umsetzung der Beratungen durch die Beratungsanbieter analysiert. Eine Wirkung dieser Förderung kann erst angenommen werden, wenn die Landwirt:innen und Landbewirtschaftende mit einer Beratung zu bodenbezogenen Themen auch eine positive Änderung in der Bewirtschaftung hinsichtlich des Bodenschutzes durchführen. Somit ist eher von einer indirekten Wirkung auszugehen. Beratungen stellen nur die erste Stufe zur Wirkung auf der Fläche dar, indem Betriebe sensibilisiert werden. Erst eine stärkere und gezieltere Umsetzung von Erosionsschutzmaßnahmen und humusmehrender Bewirtschaftung erhöht dann im zweiten Schritt die Reichweite der Wirkungen.

Bei der **Gewässerschutzberatung** (2.1.2) handelt es sich um Beratungsangebote für landwirtschaftliche und gärtnerische Betriebe. Das Angebot richtet sich an Betriebe, deren Flächen zumindest anteilig innerhalb der nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ausgewiesenen Gebietskulisse der Grund- oder Oberflächenkörper im schlechten chemischen Zustand oder in Trinkwasserschutzgebieten liegen. Für die Bodenschutzwirkung direkt relevant ist in der themenspezifischen Beratung das Modul 2.8 Bodenerosionsschutzberatung für Seen (Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut, 2021). Dieses Beratungsmodul dient der Vermeidung von Phosphor- und Stickstoffeinträgen in Seen. Der Fokus liegt hierbei auf Strategien zur Stabilisierung der Bodenstruktur, Verhinderung von Bodenerosion und Schaffung von Uferrandstreifen, die als Puffer vor Stoffeintrag dienen sollen (Reiter, 2020). Somit tragen sie neben dem Schutz der Wasserqualität gleichzeitig auch zum Bodenschutz bei.

Die **Winterbegrünung** (10.1.1) fördert den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten im Ackerbau. Teilnehmende Betriebe verpflichten sich auf mindestens fünf Prozent ihrer Ackerfläche Zwischenfrüchte oder Untersaaten anzubauen (MSL-Richtlinie). Die Maßnahmen zielen darauf ab, die Bodenbedeckung zu erhöhen, die Wasserinfiltration zu erhöhen und so zum Erosionsschutz beizutragen (Brunotte et al., 2022; Wiesmeier et al., 2020; Tiefenbacher et al., 2021). Ausführungen zur Gestaltung der Maßnahme sowie zu ihrer Akzeptanz und Inanspruchnahme sind dem Bericht von Reiter et al. (2024) zu entnehmen.

Zu den Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel gehören auch die **Vielfältigen Kulturen im Ackerbau** (VKA) (10.1.3). Mit der Umsetzung der Maßnahme wird ein breiteres Spektrum angebauter Kulturen unter Einbeziehung von Leguminosen angestrebt. Durch die erweiterte Anbaustruktur soll der Krankheitsdruck verringert werden, wodurch ein geringerer PSM-Einsatz erzielt werden soll. Der höhere Anteil an Leguminosen soll neben einem geringeren Einsatz an mineralischen Stickstoffdüngern den heimischen Eiweißfuttermittelanbau stärken und zum Humusaufbau beitragen (Reiter et al., 2024). Ein breiteres

Fruchtartenspektrum unter Berücksichtigung von Leguminosen ist zudem mit vielfältigen positiven phytosanitären und weiteren Wirkungen für den Bodenschutz verbunden, z. B. mit verbesserter Bodenstruktur und dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (Böhm et al., 2020; BMEL und BLE, 2020; Winterling et al., 2019). Ausführungen zur Gestaltung der Maßnahme sowie zu ihrer Akzeptanz und Inanspruchnahme sind dem Bericht von Reiter et al. (2024) zu entnehmen.

Bei der **Einführung/Beibehaltung des Ökologischen Landbaus** (ÖKO) (11.1/2) wird die Einführung und Beibehaltung ökologischer landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsverfahren und -methoden nach EU-Ökolandbauverordnung (VO (EG) Nr. 834/2007) bzw. der Folgeverordnung (VO (EU) 2018/848) gefördert. Durch die Integration humusmehrender Leguminosen in die Fruchtfolge können die nötige Stickstoffzufuhr durch den Vorfruchteffekt reduziert und die Stickstoffausträge verringert werden. Aufgrund der schonenden Bodenbewirtschaftung weist der Ökolandbau ein hohes Potenzial auf, ein aktives Bodenleben zu unterstützen (Sanders und Heß, 2019; Lori et al., 2017; UBA, 2020). Auch Beiträge zum Erosionsschutz sind möglich (Honecker et al., 2022).

Die **Europäische Innovationspartnerschaft (EIP-Agri)** (16.1) konzentriert sich auf Vorhaben, die thematisch auf nachhaltige, ressourceneffiziente und -schonende sowie tiergerechte Produktionssysteme ausgerichtet sind. Wesentliches Ziel ist es, die Zusammenarbeit zwischen land- und ernährungswirtschaftlicher Praxis sowie der Wissenschaft zu stärken und so Innovationsprozesse zu fördern. Gefördert werden sogenannte Operationelle Gruppen (OG), die sich aus Mitgliedern der landwirtschaftlichen Urproduktion, Forschungs- und Versuchseinrichtungen, Unternehmen der Verarbeitung/Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte sowie Unternehmen des vor- und nachgelagerten Bereichs der Landwirtschaft und weiteren Akteur:innen wie Verbänden, Beratung, Körperschaften des öffentlichen Rechts zusammensetzen und ein innovatives Vorhaben zur Bearbeitung eines konkreten Problems planen.

Zur Förderung standen vier Schwerpunktthemen zur Auswahl: Tierhaltung, Ackerbau, Grünland und Dauerkulturen, Klimawandel und Produkt- und Prozessinnovationen. Innovationsprozesse sollen angestoßen und Synergieeffekte erzielt werden (Eberhardt, 2024b). Programmtechnisch wurde die EIP-Agri-Förderung mit prioritärem Ziel dem Schwerpunktbereich 2A (Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der land- und Forstwirtschaft) zugeordnet. Aufgrund der inhaltlichen Breite der möglichen Themen ist davon auszugehen, dass die geförderten Vorhaben auch Impulse für andere Zielbereiche des EPLR, z. B. den Bodenschutz, geben. Eine ausführliche Betrachtung der Teilmaßnahme 16.1 findet sich bei (Eberhardt, 2024b).

3.2.2 Fördermaßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel

Auch Maßnahmen ohne programmiertes Ziel können positive Wirkungen auf den Boden haben.

Die Berücksichtigung dieser Maßnahmen erfolgte in Abhängigkeit ihres Outputs bzw. der Anzahl relevanter Projekte und potenzieller Wirkungspfade.

Die Teilmaßnahme **Naturschutz und Landschaftspflege** (4.4) (NuL) konzentriert sich auf Vorhaben, die zum einen Projekte zur Umsetzung von Natura 2000 fördern und zum anderen auf die Verbesserung der Lebensgrundlage für gefährdete Arten sowie die Sicherung und Entwicklung von schützenswerten Biotopen abzielen (MELUR, 2015). Umgesetzt werden z. B. Vorhaben zur Renaturierung und Wiedervernässung von Moorgebieten, wodurch langfristig die Kohlenstoffspeicherung im Boden adressiert wird (dieses Thema wird im Bericht von Roggendorf et al., 2026 bewertet). Weitere bodenschutzrelevante Projekte beinhalten die Umwandlung von Ackerflächen zu extensiven Grünlandflächen mit anschließender Beweidung oder die Neuanlage von Knicks als biotopgestaltende Maßnahme. Letztere dient nicht nur dem Winderosionsschutz, sondern auch als Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden und bereichert das Landschaftsbild sowie den faunistischen Artenschutz. Für den Bodenschutz relevant sind ausschließlich die Vorhaben zur Anlage von Knicks sowie die Umwandlung von Ackerflächen in extensives Grünland, welche im folgenden Bericht weiter betrachtet werden.

Im Rahmen der Teilmaßnahme **Wiederaufbau Wald** (8.4) wird die Wiederbegrünung und -aufforstung von Beständen, die durch Kalamitäten wie Schädlingsbefall, Unwetter oder Naturkatastrophen beschädigt wurden, gefördert. Dabei handelt es sich meist auch um den Umbau von nicht standortgerechten (Nadelholz-)Beständen hin zu standortgerechten Laub- und Mischwäldern.
Der **Waldumbau** (8.5) zielt darauf ab, den planmäßigen Umbau von nicht standortgerechten (Nadel-)Wäldern hin zu standortgerechten Laub- und Mischbeständen zu unterstützen, um die Standortgerechtigkeit, Naturnähe und ökologische Wertigkeit der Bestände zu steigern. Weitere Informationen zu den beiden Maßnahmen sind den Berichten von Franz (2019) und Rorig (2022) zu entnehmen.

Die Vorhabenart **Vertragsnaturschutz** (10.1.8) fördert die naturschutzgerechte Bewirtschaftung von Grünland, Ackerflächen sowie Halligen. Durch Bewirtschaftungseinschränkungen, biodiversitätsfördernde Einsaatmischungen und verpflichtende und freiwillige biotopgestaltende Maßnahmen je nach Vertragsmuster sollen die Ziele des Vertragsnaturschutzes erreicht werden (Reiter et al., 2024). Für den Bodenschutz relevanter Maßnahmenbestandteil ist das Vertragsmuster Ackerlebensräume (ALR). Inhalte sind dabei die Selbstbegrünung oder gezielte Begrünung durch die Ansaat vorgegebener Blühmischungen mit einem Verbot des Düngemittel- und PSM-Einsatzes sowie einem Verzicht der Nutzung des Aufwuchses. Außerdem werden Zeiten zur Bodenbearbeitung und Ansaat (01.02. – 15.05.), Pflege von Klee- und Ackergrasansaat mit Mahd- und Mulchvorgaben sowie Begrünungsintervallen vorgegeben (MELUND, 2021; Landesportal Schleswig-Holstein, 2022c; MELUR, 2014).

3.2.3 Wirkungspfade der relevanten Fördermaßnahmen im Überblick

Tabelle 11 stellt das Ergebnis des Screenings (theoretische Wirkungspfadanalyse) dar. Die Zuordnung der relevanten Maßnahmen zu den Bewertungskriterien/Wirkungspfaden und den entsprechenden Wirkungsfaktoren ist dort aufgeführt. Der Wirkungsfaktor „Verkürzung der erosiven Hanglängen“ steht für den Wirkungspfad der Wassererosion, der durch eine Maßnahme bedient wird. Zum Wirkungspfad Winderosion lässt sich der Wirkungsfaktor „Verringerung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche“ zuordnen. Die Wirkungsfaktoren „Erhöhung der Bodenbedeckung“ und „bodenschonende Bewirtschaftung“ sind für den Erosionsschutz allgemein (Wasser und Wind) ausschlaggebend. Zum Wirkungspfad Kohlenstoffspeicherung im Boden sind die letzten zwei Wirkungsfaktoren „Anbau humusmehrender Kulturen“ und „mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln)“ zentral.

Die Maßnahmen NuL (TM 4.4), Wiederaufbau Wald (TM 8.4) und Waldumbau (TM 8.5) haben andere und z. T. breite thematische Zielsetzungen. Der Bodenschutz ist dabei kein programmiertes Ziel, aber die Maßnahmen bedienen als positiven Nebeneffekt einige Wirkungsfaktoren.

Tabelle 11: Zuordnung der relevanten Maßnahmen zu den Wirkungspfaden und damit verbundene Wirkungsfaktoren

		Wirkungspfade	Verbesserung des Bodenschutzes im Wald	Wassererosions-schutz	Erosionsschutz		Winderosions-schutz	Kohlenstoffspeicherung im Boden	
			Wirkungsfaktoren						
Code	Kürzel	Kurzbezeichnung	Veränderung der Bestockungs-verhältnisse im Wald	Verkürzung der erosiven Hanglänge	boden-schonende Bewirtschaftung	Erhöhung der Boden-bedeckung	Verringerung der Windgeschwin-digkeit an der Bodenoberfläche	Anbau humus-mehrender Kulturen	mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoff-eintrag durch Wurzeln)
mit programmiertem Bodenschutzziel									
1.1	TM 1.1	Fort- und Weiterbildung		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
2.1.1	VA 2.1.1	Beratung Nachhaltigkeit		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
2.1.2	VA 2.1.2	Gewässerschutzberatung		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
10.1.1	VA 10.1.1	Winterbegrünung				x		x	
10.1.3	VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen						x	
11.1	TM 11.1	Einführung Ökolandbau			x	x		x	(x)
11.2	TM 11.2	Beibehaltung Ökolandbau			x	x		x	(x)
16.1	TM 16.1	EIP-Agri		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
ohne programmiertes Bodenschutzziel									
4.4	TM 4.4	NuL			(x)		x		x
8.4	TM 8.4	Wiederaufbau Wald	x						
8.5	TM 8.5	Waldumbau	x						
10.1.8	FP609	Ackerlebensräume		(x)	x			(x)	x [1)]

(x) Wirkung nicht intendiert, im Einzelfall möglich

x Wirkung intendiert

1) Nur gezielte Begrünung mit mehrjähriger Klee-Ackergras-Mischung

Quelle: Eigene Darstellung.

Wie Tabelle 11 zeigt, werden die meisten Wirkungsfaktoren nur im Einzelfall bedient oder die Wirkung ist nicht intendiert. Hier sind es vor allem die Bildungs- und Beratungsmaßnahmen, welche je nach Vorhaben bzw. Projekt verschiedene Wirkungsfaktoren bedienen können. Über die angebotenen Maßnahmen wird vor allem der Wirkungspfad des Erosionsschutzes bewusst adressiert, besonders aufgrund der bodenschonenden Bewirtschaftung und Erhöhung der Bodenbedeckung.

3.3 Darstellung des Outputs der Maßnahmen

Dargestellt werden die physischen und finanziellen Outputs der Maßnahmen, aufgeteilt nach Maßnahmen mit programmierten und nicht programmierten Bodenschutzzielen (vgl. Tabelle 12). Bei allen Maßnahmen wurden die Finanzdaten mit Stand 12/2024 (ohne EURI) und die physischen Outputs auf Basis der Monitoringdaten angegeben (für die Flächenmaßnahmen zum Förderhöchststand) (MELUND und MEKUN, versch. Jgg.). Um die Wirkungen der betrachteten Vorhabenarten auch vor dem Hintergrund der Zielerreichung betrachten zu können, wurden die Outputs mit den indikativen Zielen verglichen (MELUND, 2021).

Tabelle 12: Output und Finanzen der Maßnahmen mit und ohne Bodenschutzziel

Code	Kürzel	Kurzbezeichnung	physischer Output: Indikative Zielgröße Wert	Einheit	Förderhöchststand [1] Wert	Einheit	Zielwert-erreichung [%]	finanzieller Output: Indikative Zielgröße [Euro]	Öffentliche Ausgaben 2014 bis 2024 [Euro]	Zielwert-erreichung [%]
Physischer Output zum Förderhöchststand, Öffentliche Ausgaben zum Ende 2024										
mit programmiertem Bodenschutzziel										
1.1	TM 1.1	Fort- und Weiterbildung	16.000	Teilnehm.	14.535	Teilnehm.	91	4.380.000	3.450.343	79
2.1.1	VA 2.1.1	Beratung Nachhaltigkeit	3.500	Teilnehm.	5.241	Teilnehm.	150	5.750.000	5.926.700	103
2.1.2	VA 2.1.2	Gewässerschutzberatung	2.000	Teilnehm.	3.060	Teilnehm.	153	10.470.000	19.425.099	186
10.1.1	VA 10.1.1	Winterbegrünung	4.000	ha	8.101 [2]	ha	203	4.991.000 [3]	2.421.733	-
10.1.3	VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen	11.500	ha	14.484 [4]	ha	126	6.330.000	6.204.965	98
11.1	TM 11.1/2	Einführung/Beibehaltung Ökolandbau	57.000	ha	68.142	ha	120	168.510.000	143.734.620	85
		davon Ackerfläche			33.265	ha				
16.1	TM 16.1	EIP-Agri	34	Vorhaben	34	Vorhaben	100	12.750.000	9.809.372	77
Summe öffentliche Mittel (oben)									**190.972.832**	
ohne programmiertes Bodenschutzziel										
4.4	TM 4.4	NuL	95	Vorhaben	90	Vorhaben	95	31.900.000	21.014.389	66
8.4	TM 8.4	Wiederaufbau Wald	1.165	ha	991	ha	85	7.000.000	6.239.652	89
8.5	TM 8.5	Waldumbau	725	Vorhaben	844	Vorhaben	116	5.950.000	5.937.598	100
10.1.8	VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz	50.350	ha	47.325 [5]	ha	-	119.640.000	97.048.105 [6),7)]	-
	FP609	Ackerlebensräume	k. A.		6.152 [5]	ha	-	k. A.	25.212.913 [7]	-
Summe öffentliche Mittel (unten)									**58.404.551**	
Gesamtsumme öffentliche Mittel									**249.377.383**	

1) Monitoringdaten bis 12/24

2) 2017

3) Für die beiden VA 10.1.1 und VA 10.1.2 liegt nur eine gemeinsame Angabe vor.

4) 2019

5) 2022

6) nicht in die Berechnung der Gesamtsumme der öffentlicher Mittel einbezogen, näherer Erläuterung im Text

7) Finanzieller Umsetzungsstand: 2014-2022, da ab 2023 unterschiedliche Finanzierung aus ZPLR, GAP-SP und GAK.

Quelle: Eigene Darstellung, Zielwerte laut Programmversion 8.1 (MELUND, 2021), Monitoringdaten/öffentliche Ausgaben (2015-2024) (MELUND und MEKUN, versch. Jgg.), Daten des Fachreferats für den Vertragsnaturschutz (2015 bis 2022) (MEKUN, versch. Jgg.).

Die Beratung zur nachhaltigen Landwirtschaft, die Gewässerschutzberatung, die Vorhabenart Vielfältige Kulturen sowie der Waldumbau wiesen eine sehr große Zielwerterreichung bzgl. der Ausschöpfung des indikativen Budgets auf. In Bezug auf den physischen Output der Maßnahmen wurde bei allen Fördermaßnahmen ein Zielwert von mindestens 85 % erreicht. Besonders hohe Zielwerte von über 150 % erreichten folgende Maßnahmen: Beratung Nachhaltigkeit, Gewässerschutzberatung und die Winterbegrünung. Für die Vorhabenarten mit programmiertem Bodenschutzziel wurden bis 12/2024 ca. 191 Mio. Euro ausgegeben, was 16 % der gesamten Ausgaben (ohne Technische Hilfe, rund 1,18 Mrd. Euro) entspricht. Zusammen mit den Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele wurden 249,4 Mio. Euro investiert, was den Anteil am Gesamtbudget um ca. 23 % erhöhte. Bei der Zuordnung des Budgets der Maßnahmen zum Bodenschutz ist zu berücksichtigen, dass die Maßnahmen nicht nur dem Bodenschutz dienen, sondern größtenteils prioritäre Zielsetzungen in anderen Schwerpunktbereichen hatten.

Der größte Anteil (57 %) des bis 12/2024 verausgabten Budgets für bodenschutzrelevante Maßnahmen entfiel auf den Ökolandbau, gefolgt von dem Vertragsmuster VNS-Ackerlebensräume mit 10 % und der Gewässerschutzberatung mit 8 %.

Die Vorhabenarten Vielfältige Kulturen und Winterbegrünung wurden 2014/15 noch über das vorherige Förderprogramm 2007-2013 abgewickelt. Ab dem Antragsjahr 2016 wurde die Finanzierung auf LPLR-Förderung umgestellt, weswegen eine erneute Antragstellung wieder möglich wurde. Diese war jedoch nur für zwei Jahre (2015, 2016) geöffnet. Für das Vertragsmuster Ackerlebensräume des VNS sind keine gesondert formulierten

indikativen Zielsetzungen vorhanden[6], sodass auch keine Berechnung der Zielwerterreichung vorgenommen werden konnte. Die insgesamt für den VNS formulierten Ziele und der angegebene Output wurden daher nicht in die finanzielle Gesamtbetrachtung mit aufgenommen. Die Ausgaben für VNS-Ackerlebensräume hingegen wurden in die Gesamtsumme der eingesetzten Mittel der für den Bodenschutz relevanten Maßnahmen einbezogen.

Für die Wirkungsbetrachtung werden zum Teil andere Jahre mit anderen Förderständen als in der Tabelle dargestellt herangezogen, was in den einzelnen Kapiteln jeweils erläutert wird. Zudem wird für die Erosionsbetrachtungen auf InVeKoS-Daten statt Monitoringdaten zurückgegriffen, da nur für diese Geodaten vorliegen. Die InVeKoS-Daten weisen eine gewisse Diskrepanz zu den Monitoringdaten auf (Weiteres siehe Kapitel 4 des Berichts von Reiter et al., 2024).

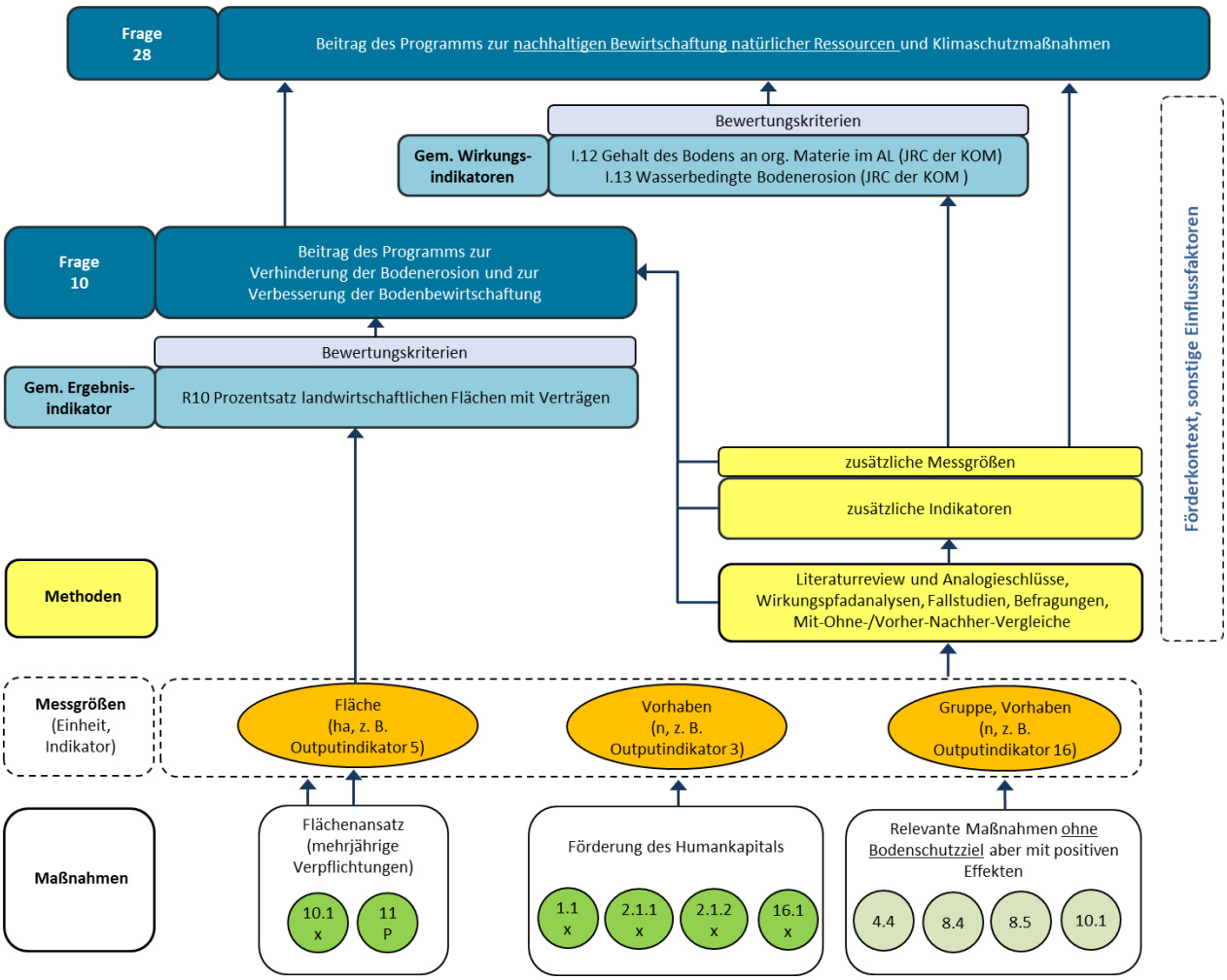
4 Daten und Methoden

4.1 Untersuchungsdesign

Ein zentraler Bestandteil des Berichts ist die Analyse der Bodenschutzwirkung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen. Das hierarchisch aufgebaute Untersuchungsdesign des Berichts stellt Abbildung 3 dar.

[6] Dies gilt auch für alle anderen Vertragsmuster des VNS.

Abbildung 3: Untersuchungsdesign zur Analyse der Bodenschutzwirkung und Beurteilung der Wirksamkeit



P = prioritäres Ziel SPB 4C, x = sekundäres Ziel SPB 4C.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Leserichtung ist dabei von unten nach oben, ausgehend von für den SPB 4C relevanten Maßnahmen. Die Anzahl der geförderten Flächen bzw. Vorhaben wurde anhand der Outputindikatoren erhoben. Für Flächenmaßnahmen (AUKM, ÖKO) wurden die Outputindikatoren auf Basis der Monitoringdaten bestimmt. Für die übrigen Maßnahmen wurde die Anzahl der geförderten Vorhaben oder geförderten Fläche von den zuständigen Stellen des Landes zur Verfügung gestellt und den Evaluator:innen in Form von Projektlisten und -beschreibungen sowie Flächenangaben übermittelt. Die Wirkung auf den geförderten Flächen bzw. in den geförderten Vorhaben wird auf Basis von Angaben aus der Literatur, Wirkungspfadanalysen, Modellrechnungen mit der ABAG sowie Ergebnissen von Fallstudien, Befragungen oder Mit-Ohne/Vorher-Nachher-Vergleichen ermittelt. Aus den Ergebnissen werden die weiteren zusätzlichen Indikatoren gezogen, wie z. B. geförderte Ackerflächen in der Kulisse der Erosionsgefährdung (s. u.). Die zusätzlichen Indikatoren und Messgrößen fließen ein in die (Teil)Beantwortung der Bewertungsfragen 10 und 28. Zur Beantwortung der Bewertungsfrage 10 wird auch der Ergebnisindikator R10 verwendet, welcher wiederum aus den Outputindikatoren der programmierten AUKM abgeleitet wird. Da der Ergebnisindikator R10 für die Beantwortung der Bewertungsfrage 10 nicht ausreichend war, wurde dieser Indikator mithilfe weiterer Analysen weiter qualifiziert. Die Bewertungskriterien Erosionsschutz (Wasser und Wind) und Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung sind für diese Frage relevant.

In der Wirkungsanalyse wird die Wirkung der geförderten Flächen bzw. Vorhaben abzüglich vollständiger Mitnahmen (= Wirkungen in Vorhaben, die auch ohne Förderung durchgeführt worden wären) berücksichtigt.

Die Wirkungen werden auf Ebene der Zuwendungsempfänger:innen je Vorhaben bzw. je Flächeneinheit erhoben. Für die Wirkungsquantifizierung bzw. -qualifizierung wurden die o. g. Bewertungskriterien betrachtet.

Zur Beantwortung der Frage 28 und damit zur Einschätzung der gesamten Programmwirkung aus Bodenschutzsicht werden die gemeinsamen Wirkungsindikatoren (I.12, I.13) hinzugezogen. Dazu werden alle relevanten Maßnahmen, auch die ohne programmiertes Bodenschutzziel (siehe Kasten in Abbildung 3 unten rechts), berücksichtigt. Im LPLR SH wurden keine quantitativen Wirkungsziele für den Bodenschutz festgelegt. Die Bodenschutzwirkung des LPLR wird anhand der im Feinkonzept festgelegten qualitativen Bewertungskriterien, z. B. „Der Bodenschutz auf besonders erosionsgefährdeten Flächen ist verbessert worden“, bewertet. Auch die Ergebnisse zur Frage 10 fließen in die Beantwortung der Programmfrage mit ein.

Ergänzend werden Informationen aus dem Förderkontext (Ordnungsrecht, Förderrecht, andere Fördertöpfe) und sonstige Einflussfaktoren (weitere EU-Gesetze, Auswirkungen des Klimawandels) aufgeführt, um die Ergebnisse besser einordnen zu können.

Als **Bewertungskriterien** werden die in Tabelle 13 aufgeführten Kriterien herangezogen mit den jeweils zugeordneten Indikatoren (Output-, Ergebnis-, und Wirkungsindikatoren) und Messgrößen sowie einer Erläuterung. Zudem ist die Ebene dargestellt, auf welche diese wirken und sie bewertet werden.

Tabelle 13: Zuordnung der Indikatoren und Messgrößen zu den Bewertungskriterien

Bewertungskriterium	Indikator, Messgröße	Ebene
Kurse und Beratungsmodule vermitteln spezifische auf den Bodenschutz ausgerichtete Inhalte.	O3: Anzahl der geförderten Beratungen/Kurse	Ebene der Maßnahmen, z. B. Vielfältige Kulturen im Ackerbau
Veränderte Bestockungsverhältnisse im Wald haben langfristig positive Auswirkungen auf Bodenschutzaspekte.	erreichte Forstfläche in Hektar (ha)	
Der Bodenschutz auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist verbessert worden. Der Bodenschutz auf besonders erosionsgefährdeten Flächen ist verbessert worden. Unter Vertrag genommene Flächen unterstützen Kohlenstoffbindung/-speicherung.	O5: Landwirtschaftliche Fläche mit Bewirtschaftungsverträgen zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung/Verhinderung von Bodenerosion (Schwerpunktbereich 4C)	
EIP-Agri-Gruppen setzen für den Bodenschutz relevante Vorhaben um	O16: Zahl der unterstützten EIP-Gruppen, Zahl der unterstützten EIP-Vorhaben sowie Zahl und Art der Partner in den EIP-Gruppen	
Unter Vertrag genommene Flächen unterstützen Kohlenstoffbindung/-speicherung. Der Bodenschutz (Erosion) auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist verbessert worden.	R10: Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten	Ebene der spezifischen Ziele der GAP, Priorität 4C
Die Teilmaßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei.	I.12: Gehalt des Bodens an organischer Materie in Ackerland. Auswirkungen der Bodenbedeckung und angebauten Kulturen auf die Kohlenstoffspeicherung	Ebene der allgemeinen Ziele der GAP, Umweltschutz
Die Teilmaßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei.	I.13: Bodenerosion durch Wasser. Anteil der Förderflächen auf besonders erosionsgefährdeten Flächen	

O = Outputindicator, R = Resultindicator, I = Impactindicator

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf dem LPLR-Feinkonzept (Raue et al., 2023) und der ELER Durchführungsverordnung (DVO (EU) Nr. 808/2014)

Im Folgenden werden anstelle der langen Bewertungskriterien entsprechend Kurzbezeichnungen verwendet: Wassererosionsschutz, Winderosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden und Verbesserung des Bodenschutzes im Wald.

Das nächste Kapitel 4.2 erläutert, welche Datengrundlagen und -quellen für die Ermittlung der Wirkungen der einzelnen Ebenen herangezogen wurden. Die dazu verwendeten Methoden werden im darauffolgenden Kapitel 4.3 für jeden Wirkungspfad separat erläutert.

4.2 Daten

Die verwendeten Datengrundlagen umfassen verschiedene Sekundärdaten. Es werden Evaluationsberichte/Bewertungsberichte anderer Autor:innen, InVeKoS-Daten (2017, 2022), Monitoringdaten (von 2015 bis 2024) (MELUND und MEKUN, versch. Jgg.), Daten des Fachreferats für den Vertragsnaturschutz (2015 bis 2022) (MEKUN, versch. Jgg.), Förderdaten des Landes zu den Forstmaßnahmen von 2015 bis 2022 (MELUND, div. Jgg.), Informationen der Deutschen Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS), Angaben aus der Literatur und Verwaltungsdokumente (z. B. Förderrichtlinien) ausgewertet.

Für die Bewertungskriterien „Die Fördermaßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei“ und „Der Bodenschutz auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist wiederhergestellt, geschützt und verbessert worden“ werden die geförderten Ackerflächen der AUKM und des Ökologischen Landbaus, welche den Bodenschutz unterstützen, inhaltlich weiter nach ihrem Grad der Erosionsgefährdung aufgeschlüsselt. Getrennt nach den Erosionsgefährdungskulissen CC_{Wasser} und CC_{Wind} sowie E_{nat} Klassen werden die geförderten Hektare der Summe der relevanten Maßnahmen analysiert. Zudem wird der vermiedene Bodenabtrag in Tonnen pro ha und Jahr sowie als Gesamtsumme als Messgröße verwendet, welcher mithilfe der ABAG berechnet wurde (siehe Methodik Wassererosionsschutz). Dazu wurden die Werte aus der wissenschaftlichen Veröffentlichung von Auerswald et al. (2021) zur Qualifizierung des C-Faktors hinzugezogen. Auch für die Qualifizierung der weiteren ABAG-Faktoren wurden verschiedene Werte aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen hinzugezogen:

- Meyer, 2000,
- Jacobs et al., 2018.

Zudem wurden die Werte für die Humusreproduktionsleistung des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) herangezogen, um die Quantifizierung mittels der Literaturwerte weiter einzuordnen (VDLUFA, 2014). Weiteres ist dem Abschnitt **Methodik Kohlenstoffspeicherung im Boden** zu entnehmen (s. u.).

Als weitere Datengrundlage bzw. Sekundärdaten werden verschiedene Berichte der laufenden Evaluierung und die Ergebnisse maßnahmenbezogener empirischer Erhebungen hinzugezogen. Diese werden in den jeweiligen Kapiteln jeweils genannt.

4.3 Wirkungsanalyse und -Bewertung

4.3.1 Mitnahmen, Wirkungsdauer und Bewertungsmaßstäbe für Bewertungskriterien

Mitnahmen

Das im Zusammenhang mit der Förderung erreichte Ergebnis, z. B. eine bestimmte Fruchtfolge, ist nur dann kausal auf die Förderung zurückzuführen, wenn es in der kontrafaktischen Situation ohne Förderung nicht genauso eingetreten wäre. Ist das Ergebnis mit und ohne Förderung gleich, wird es hier als Mitnahme bezeichnet. Zur Erfassung der Mitnahmen in Bezug auf die Wirkung werden drei verschiedene Kategorien unterschieden, welche in Tabelle 14 charakterisiert werden.

Tabelle 14: Mitnahmen nach Kategorien

Kategorie Mitnahme	Bedingung
Vollständige Mitnahme	Vorhaben, die ohne Förderung in identischer Weise (gleicher Umfang/Zeitpunkt) oder sogar größer/früher umgesetzt worden. Erwünschte Flächennutzungen, die ohne Förderung durchgeführt oder beibehalten worden wären.
Teilweise Mitnahme	Vorhaben, die ohne Förderung später, kleiner oder schrittweise umgesetzt worden wären oder ein Teil der geförderten Flächen (z. B. regional, standörtlich bedingt), auf denen keine Handlungsänderung durchgeführt wurde oder eine Beibehaltung der Nutzung auch ohne Förderung erfolgt wäre.
Keine Mitnahme	Vorhaben, die ohne Förderung nicht durchgeführt worden wären.

Quelle: Eigene Darstellung.

Grundannahme bei der Kategorisierung von Mitnahmen ist, dass Teilnehmende, welche die durch die Maßnahmen eingeforderten Bewirtschaftungsauflagen auch ohne Förderung realisieren würden, keine durch die Förderung verursachten (zusätzlichen) Ressourcenschutzwirkungen erbringen. Dies kann durch die drei verschiedenen Abstufungen weiter eingeordnet werden.

Vollständige Mitnahmeeffekte werden von den auf Ebene der Teilmaßnahmen und Vorhabenarten gemessenen Wirkungen abgezogen. Somit ergibt sich eine Nettowirkung. Berücksichtigt werden nur die Wirkungen, die ganz oder teilweise auf die Förderung zurückzuführen sind. Bei den Flächenmaßnahmen (AUKM, ÖKO) wird der Umfang der wirksamen Flächen entsprechend der Höhe der Mitnahmen verringert. Grundlage dafür bieten die Analysen im sogenannten Akzeptanzbericht (Reiter et al., 2024). Bei den investiven Maßnahmen werden die Mitnahmen anhand der verausgabten öffentlichen Mittel kalkuliert. Die identifizierten vollständigen Mitnahmen werden bei den Wirkungen in Abzug gebracht. Im Wirkungskapitel sind nur Mitnahmeeffekte aufgeführt, die tatsächlich bei den Zuwendungsempfänger:innen erfragt bzw. datenbasiert geschätzt werden konnten.

Prinzipiell ist festzuhalten, dass bei den AUKM aufgrund der Vorgabe, dass die Anforderungen der Förderungen über das geltende Ordnungsrecht, die CC-Regelungen inkl. gute fachliche Praxis hinausgehen müssen, vollständige Mitnahmen de facto ausgeschlossen werden. Allerdings können anteilige Mitnahmen auftreten, wenn beispielsweise regional beschränkt die gewünschten Verhaltensweisen auch ohne Förderung vorherrschen oder bestimmte Betriebsformen per se Förderbedingungen einhalten.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass die AUKM über einen langen Prozess im Rahmen mehrerer Förderperioden entwickelt wurden. Die Fördervoraussetzungen und Auflagen wurden zunehmend darauf ausgerichtet, Mitnahmeeffekte zu reduzieren. Dies erfolgte mithilfe verschiedener Festlegungen:

- die Gestaltung der Bewirtschaftungsauflagen, die z. T. deutlich oberhalb des durch Umwelt- und Ordnungsrecht vorgegebenen Standards liegen,
- die Förderung von neuen, umweltfreundlichen Techniken (über den Stand der Technik) oder
- durch das Setzen von Bagatellgrenzen, um gleichermaßen die Förderung von „eh schon da-Flächen“ auszuschließen und zur Minderung von Verwaltungskosten der öffentlichen Verwaltung für Kleinflächen beizutragen. (vgl. Reiter et al., 2024).

Die Mitnahmeeffekte werden bei den Maßnahmen, wenn sie relevant sind, erwähnt und beim Output bei der Gesamtbetrachtung in Abzug gebracht.

Wirkungsdauer

Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Einschätzung der Wirkung einer Maßnahme ist ihre Wirkungsdauer über den eigentlichen Förderzeitraum hinaus. Hierbei unterscheiden sich die Flächenmaßnahmen von den investiven Maßnahmen.

Bei den meisten Flächenmaßnahmen kann nur eine Wirkungsdauer für den Zeitraum der Förderung angenommen werden. Dies ist darin begründet, dass die Förderbedingungen ein Auflagenniveau aufweisen müssen, welches über die durch das Umweltrecht vorgegebenen Standards und die Prinzipien der guten landwirtschaftlichen Praxis hinausgehen. Für den Bodenschutz und besonders die Kohlenstoffspeicherung im Boden ist die Lagetreue der geförderten Flächen von Bedeutung, da nur eine langfristige humusmehrende Bewirtschaftung, z. B. durch einen Grünstreifen, den vergleichsweise langsam ablaufenden Prozess des Kohlenstoffaufbaus im Boden anstößt. Wird bei einem Auslaufen der Förderung z. B. der Anteil an Leguminosen in der Fruchtfolge wieder zurückgenommen, dann entfällt auch die vorher erreichte Wirkung.

Investive Maßnahmen hingegen wie z. B. die NuL weisen längerfristige Wirkungen auf, welche i. d. R. über den Förderzeitraum hinausgehen. Dies ist darin begründet, dass diese mit einer Zweckbindung versehen werden. Oft geht die Wirkungsdauer aber über die Zweckbindungsfrist hinaus. Als Annahme wird eine Wirkungsdauer für investive Maßnahmen zwischen 20 und 25 Jahren angesetzt.

Bewertungsmaßstab

Die Wirkungen der betrachteten Maßnahmen auf den Bodenschutz bzw. auf die einzelnen quantifizierbaren Bewertungskriterien Erosionsschutz (Wasser, Wind), Kohlenstoffspeicherung im Boden und Verbesserung des Bodenschutzes im Wald wurden anhand der in Tabelle 15 dargestellten Bewertungsskala klassifiziert. Diese teilt sich auf in die Bewertungskriterien und die dazu hinzugezogenen Einsparungs- und Festlegungseffekte. Die Wassererosion erlaubt sowohl Angaben zum vermiedenen Bodenabtrag als auch zur erreichten Ackerfläche in der erosionsgefährdeten Kulisse. Bei der Winderosion kann nur die Fläche innerhalb der winderosionsgefährdeten Kulisse quantifiziert werden. Bei der Kohlenstoffspeicherung im Boden erfolgt eine Quantifizierung mit zwei verschiedenen Methoden:

- zum einen in Form der eingesparten Humusäquivalente aufgrund der angebauten Ackerkulturen als Hinweis auf den festgelegten Kohlenstoff im Boden statt Ausstoß/Freisetzung in die Atmosphäre als CO_2 (vereinfachte Humusbilanzierung, pro Hektar und Summe). Hier wird die Angabe in Humusäquivalenten dann für die entsprechende Förderfläche (VKA und ÖKO) in Humus C_{org} umgerechnet.
- zum anderen mithilfe aus der Literatur abgeleiteten Werten für den Eintrag an C_{org} in den Boden (s.o. zusätzliche Messgrößen). Bei dem Wiederaufbau Wald und Waldumbau ist die mit der Veränderung der Bestockungsverhältnisse erreichte Förderfläche ausschlaggebend (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Bewertungsskala für quantifizierbare Maßnahmenwirkungen

Bewertungskriterium	Quantifizierung	Einheiten
Wassererosionsschutz	erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse	ha, %
	vermiedener Bodenabtrag	t (gesamt), t/ha
Winderosionsschutz	erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	ha, %
Kohlenstoffspeicherung im Boden	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden	t (gesamt), kg C_{org}/ha*a
	vereinfachte Humusbilanzierung, als Netto und Summe zur Situation ohne Förderung	Humusäquivalente (Hä/ha*a), (Hä/a), Humus C_{org} (t/a)
Verbesserung des Bodenschutzes im Wald	Waldfläche mit veränderten Bestockungsverhältnissen	ha

Quelle: Eigene Darstellung.

Bei den AUKM, dem Ökologischen Landbau sowie den beiden Forstmaßnahmen konnte die Bodenschutzwirkung quantifiziert werden, sodass eine kardinale Bewertungsskala gewählt wurde. Dies stellt den Hauptteil der Bewertung dar. Bei den Bildungs- und Beratungsmaßnahmen (TM 1.1, VA 2.1.1, VA 2.1.2), der investiven Maßnahme Naturschutz und Landschaftspflege (TM 4.4) und der EIP-Agri (TM 16.1) ist die Datengrundlage für eine Quantifizierung nicht ausreichend. Bei diesen Maßnahmen steht der Bodenschutz nicht im Vordergrund, sodass auch die notwendigen Daten, wie z. B. Lage innerhalb der Erosionskulisse, nicht erfasst wurden. Für diese Maßnahmen erfolgt eine Wirkungsbewertung mittels Wirkungspfadanalysen, die eine qualitative Einstufung der Wirkung anhand der Bewertungskriterien sowie von Literaturangaben ermöglichen.

4.3.2 Methodik Wassererosionsschutz

Methodischer Hinweis: Zur Bewertung der verschiedenen Wirkungspfade (Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden) wurden für die AUKM und den Ökolandbau die InVeKoS-Daten verwendet. Für die Bildungs- und Beratungsmaßnahmen, die investive Teilmaßnahme Naturschutz und Landschaftspflege und die Europäischen Innovationspartnerschaften (EIP-Agri) wurden die verfügbaren Daten hinsichtlich ihres Bodenbezugs ausgewertet. Dafür waren verschiedene Daten von Förderanträgen, Projektbeschreibungen bis hin zu Projekt-/Kurslisten von Bedeutung.

Um den Erosionsminderungseffekt der bodenschutzrelevanten Flächenmaßnahmen mit Wirkung auf den Wassererosionsschutz (AUKM, ÖKO) zu analysieren, wurden im ersten Schritt Daten zur natürlichen Erosionsgefährdung (E_{nat}-Kulisse) in Verbindung mit InVeKoS-Daten aus dem Jahr mit dem verfügbaren Förderhöchststand (Winterbegrünung 2017, VNS-Ackerlebensräume und ÖKO 2022) in SH ausgewertet (Auszahlungsflächen). Die vorhandenen Flächenangaben basieren immer auf Ackerflächen, da die CC-Gefährdungsstufeneinteilung im InVeKoS nur für Ackerflächen hinterlegt ist. Ziel war es, den durch die Fördermaßnahmen vermiedenen Bodenabtrag in Abhängigkeit von der Lage der Förderflächen pro Hektar und Jahr im Vergleich zur kontrafaktischen Situation (ohne Förderung, natürliche Erosionsgefährdung) zu quantifizieren.

Da zum tatsächlichen Erosionsgeschehen auf den geförderten Maßnahmenflächen und der Bewirtschaftung der angrenzenden Flächen keine gesicherten Angaben vorlagen, wurde zur Annäherung mit der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) für die Förderflächen gearbeitet, da sie die allgemeine und anerkannte Methode zur Einordnung der Bodenerosion darstellt. Das Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU) hat die Gefährdung der Böden durch Wassererosion entsprechend der DIN 19708 (2005-02) nach der Methode der ABAG geschätzt, welche ursprünglich aus der Universal Soil Loss Equation (USLE) von Wischmeyer & Smith (1978) und in Deutschland auf Schwertmann et al. (1990) basiert. Die Formel der Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG) lautet:

$$A = R*K*L*S*C*P \ [t/ha*a]$$

Die hier dargestellten sechs den Bodenabtrag bestimmenden Faktoren sind:

R: Regen- und Oberflächenabflussfaktor

K: Bodenerodierbarkeitsfaktor

L: Hanglängenfaktor

S: Hangneigungsfaktor

C: Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor

P: Erosionsschutzfaktor

Zur Berechnung des Bodenabtrags mithilfe der ABAG wurde zuerst entsprechend der Einteilung der Förderflächen nach Erosionsgefährdung (siehe Kapitel 2.1.1) jeweils der potenzielle Bodenabtrag zugeordnet (vgl. Tabelle 16). Dies stellt den Bodenabtrag entsprechend der natürlichen Erosionsgefährdung dar. Dieser wurde anhand der drei ABAG-Faktoren der natürlichen Bodenerodierbarkeit (K), der Hangneigung (S) und der Regenerosivität (R) bestimmt.

Tabelle 16: Wassererosionsgefährdungsstufen und deren potenzieller Bodenabtrag

CC-Klasse	E_{nat}-Stufen	Einordnung des Erosionsgefährdung	Bodenbatrag K*S*R t/ha*a
$CC_{Wasser}0$	$E_{nat}0$	Keine Erosionsgefährdung	< 0,5
	$E_{nat}1$	Sehr geringe Erosionsgefährdung	0,5- < 2,5
	$E_{nat}2$	Geringe Erosionsgefährdung	2,5- < 5,0
	$E_{nat}3$	Mittlere Erosionsgefährdung	5,0- < 7,5
	$E_{nat}4$	Hohe Erosionsgefährdung	7,5- < 15
$CC_{Wasser}1$	$E_{nat}5$	Sehr hohe Erosionsgefährdung	15 - < 27,5
$CC_{Wasser}2$	$E_{nat}6$	Sehr hohe Erosionsgefährdung	≥ 27,5

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf den Angaben des LfU (2023), in Anlehnung an die Anlage 2 der AgrarZahlVerpflV und nach DIN 19708:2005-02.

Im zweiten Schritt wurden die in der Kulisse (CC_{Wasser}, $E_{nat}1$-6) gelegenen geförderten Ackerflächen der AUKM und des Ökologischen Landbaus beziffert. Für den dritten Bearbeitungsschritt wurde der Erosionsvermeidungseffekt der Maßnahmen im Vergleich zur Bewirtschaftung der Flächen ohne diese Fördermaßnahme geschätzt (natürliche Erosionsgefährdung, kontrafaktische Situation ohne Förderung). Dies geschah unter der Annahme, dass die Bewirtschaftung der Förderungen mit den angebauten Fruchtarten jeweils Einfluss auf den C-Faktor ausüben.

Da zur Berechnung des C-Faktors nach DIN 19708 Informationen zur Fruchtfolge in den einzelnen Betrieben notwendig sind, sich diese jedoch nicht ohne Weiteres aus den InVeKoS-Daten generieren lassen, wurde der C-Faktor nach Auerswald et al. (2021) ermittelt. Dazu wurden nach Auerswald et al. die C-Faktoren jeweils als summierbare C-Faktoren (C_{sum}) bestimmt, basierend auf den jeweiligen angegebenen Nutzcodes, welche sich auch für die Darstellung von Fruchtfolgen eignen. Das Besondere an den C_{sum}-Faktoren ist, dass sie auch die Nachwirkung der Kultur auf den Boden bzw. auf die Folgekultur vor dem Hintergrund der Erosionsanfälligkeit mitberücksichtigen (Übertragungseffekte). Basierend auf 57 verschiedenen Fruchtarten und Bewirtschaftungsweisen wurden den angegebenen Nutzcodes der Maßnahmen passende C_{sum}-Faktoren zugewiesen. Mit diesen wurde dann entsprechend der Förderfläche der gewichtete C-Faktor für die jeweiligen AUKM und den Ökolandbau in der jeweiligen Erosionskulisse kalkuliert.

Hinweis zu den genutzten Daten

Bei der Zuordnung der C-Faktoren nach Auerswald (2021) zu den Kulturen der Maßnahmen fand bei mehrjährigen, lagetreuen Förderflächen die Langfristigkeit der Bodenbedeckung von grasnarbenbildenden Kulturen Berücksichtigung, welche aufgrund der positiven Erosionsschutzwirkung auf die Folgekulturen negative Werte annehmen. Um insgesamt negative C-Faktoren zu vermeiden, ist nach Auerswald ein Wert von 0,025 anzunehmen. Zudem erlauben die InVeKoS-Daten keine Auswertung der Nutzcodes für die angebauten Zwischenfrüchte, da nur Hauptkulturen geführt werden. Dies führt in der Summe dazu, dass diese auch nicht in die Bestimmung des C-Faktors für die ABAG-Berechnung mit einfließen. Zudem konnte nicht allen Nutzcodes auch ein entsprechender C_{sum}-Faktor zugewiesen werden, da in der Veröffentlichung von Auerswald (2021) nur für bestimmte Nutzcodes C_{sum}-Faktoren vorlagen. Demnach gehen bei den Maßnahmen einige Flächen nicht mit in den C-Faktor der ABAG ein.

Je höher die Bodenbedeckung ist, desto kleiner wird der C-Faktor. Nach dem Erreichen einer Bedeckung von > 70 % ist von einer Reduktion des Bodenabtrags von rund 99 % auszugehen (Brunotte, 2007). Durch eine permanente Bodendeckung wird dem Niederschlag die erosive Wirkung entzogen. Dies führt dazu, dass das Auftreten von potenziellem Bodenabtrag auf den Förderflächen nach der ABAG rechnerisch fast vollständig verhindert wird. Ein Datensatz zur natürlichen Erosionsgefährdung mit den E_{nat}-Stufen (Berechnung bestehend aus den K-, S- und R-Faktoren) wurden vom LfU zur Verfügung gestellt basierend auf einem digitalen Geländemodell im 10 m-Raster. Der Regen- und Oberflächenabflussfaktor ist dabei pauschal 50 (LfU, 2025, 2023). Die erosionsmindernde Wirkung durch Querbearbeitung (Konturnutzung, Streifennutzung) gibt der P-Faktor an (Schwertmann et al., 1990). Da keine Daten auf Schlagebene vorliegen, wird der P-Faktor auf 1,0 – keine besonderen Erosionsschutzmaßnahmen bzw. eine Bewirtschaftung entlang des Hanges – gesetzt (Meyer, 2000; LfL, 2023; Schmaltz et al., 2023; Schwertmann et al., 1990). Da für den Hanglängenfaktor (L-Faktor) keine Daten vorliegen, wurde dieser ebenfalls auf 1 gesetzt.

Im letzten Schritt wurde für die in den Kulissen $CC_{Wasser,}$ $E_{nat}0$-$E_{nat}6$ gelegenen Flächen eine Verrechnung mit den zugeordneten potenziellen und berechneten Bodenabträgen vorgenommen. Damit konnte der verminderte jährliche Bodenabtrag (ABAG) in Tonnen sowie in Bezug auf einen Hektar berechnet werden.

Bei der ABAG wird ein langjähriger mittlerer flächiger Abtrag für Einzelschläge angenommen. Tatsächlich tritt Erosion jedoch häufig kleinräumig auf Teilbereichen der Schläge auf und wird vom kleinräumigen Relief beeinflusst. Vor diesem Hintergrund ist die abgeleitete Abtragsmenge als theoretische Annäherung zu werten. In Teilgebieten können die Mengen des Bodenabtrags stark variieren und die mit der ABAG berechneten durchschnittlichen Abtragsmengen über- oder unterschreiten. Bei der ABAG ist meistens eine Überschätzung der tatsächlich stattfindenden Abträge anzunehmen (Steinhoff-Knopp und Bug, 2017; Evans et al., 2016). Dagegen wird besonders der errechnete Bodenabtrag unterschätzt, wenn bei gebündeltem Abfluss Rinnen- und Grabenerosion auftritt oder bei sehr langen Hängen mit einer geringen Hangneigung ein Zusammenfließen des Oberflächenabflusses ermöglicht wird (LfL, 2023).

4.3.3 Methodik Winderosionsschutz

International gibt es bisher kein wissenschaftlich akzeptiertes Standardverfahren zur Quantifizierung windbedingter Abtragsprozesse (Bach, 2008 zitiert in: Honecker et al., 2022). Eine Zuordnung von Abtragsmengen zu den E_{nat}-Stufen wie bei der Wassererosion ist nach der DIN 19706:2013-02 nicht vorgesehen und demnach nicht möglich (Steininger und Wurbs, 2017). Um im Rahmen dieses Berichts trotzdem den Umfang der Schutzwirkung einschätzen zu können, erfolgte eine Quantifizierung der erosionsmindernden Wirkung der Maßnahmen anhand der InVeKoS-Förderflächen. Vergleichbar mit der Methodik des Wassererosionsschutzes wurden die Förderflächen der Maßnahmen (WB, ÖKO) in die E_{nat}-Kulisse und in die CC_{Wind}-Kulisse eingeteilt. Die Einteilung in die Gefährdungsstufen ist im Kapitel 2.1.1 zu entnehmen.

Dabei wurden die ganzen Flächen bei den Flächenmaßnahmen zur Bestimmung einbezogen. Aufgrund nicht vorhandener Daten zur Dimensionierung bzw. Ausdehnung der neu angelegten Hecken/Knicks und Lagen innerhalb des geförderten Teilschlags im Rahmen der NuL-Förderung (TM 4.4), konnten diese nicht berücksichtigt werden.

4.3.4 Methodik Kohlenstoffspeicherung im Boden

Zur Analyse des Beitrags der Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung im Boden wurden verschiedene Datenquellen hinzugezogen. Die Monitoringdaten liegen für die AUKM und den Ökologischen Landbau jeweils für die Jahre des Förderhöchststandes vor. Für die Quantifizierung wurden zusätzlich Literaturquellen verwendet, welche neben der qualitativen Wirkungsabschätzung auch Richtwerte zur Einordnung der Ergebnisse liefern. Zudem fanden zur Quantifizierung auch die Werte des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) Verwendung.

Für die Auswertung der Flächenmaßnahme wurden die InVeKoS-Daten mit den Werten der VDLUFA für die Humuswirkung verknüpft. Die ermittelten Werte der VDLUFA für den Humusreproduktionsbedarf basieren auf langjährigen Feldversuchen und Laborarbeiten, weshalb sie weitgehend unabhängig vom Ertrag und Standort sind. Allerdings sind sie nicht für exakte Prognosen zur Veränderung der Humusgehalte und -vorräte geeignet, da keine Historie der Bodennutzung und die Standortbedingungen vor Ort einfließen. Die Fruchtarten wurden in die Kategorien „Humusmehrer“ (Gewinn an Bodenkohlenstoff, humusmehrende Pflanzen, positive Werte) und „Humuszehrer“ (Verlust an Bodenkohlenstoff, negative Werte) eingeteilt. Der Maßnahmen wurde über die jeweiligen Nutzcodes entsprechende Werte der Humusreproduktionsleistung (Häq/ha*a)[7] zugeordnet. Nur in Einzelfällen, in denen aus der Literatur aktuellere Werte zu Kohlenstoffeintragsmengen bestimmter Flächennutzungen/Nutzcodes vorlagen, wurden diese herangezogen. Die Einheit des fruchtartenspezifischen Humusbedarfs ist kg C/ha*a. Bei der vom VDLUFA entwickelten Methode handelt es sich um eine vereinfachte und harmonisierte Humusbilanzierung[8]. Sie wurde sowohl für integrierte als auch ökologisch wirtschaftende Betriebe konzipiert. Somit erfolgte für den Anbau vielfältiger Kulturen im Ackerbau und den Ökologischen Landbau die Erstellung einer vereinfachten Humusbilanz, basierend auf den angebauten Kulturen (VDLUFA, 2014).

Um die Genauigkeit der Annäherung an die tatsächliche Humusbilanzierung noch zu erhöhen, wurde zum einen die humusmehrende Wirkung der auf dem Feld verbleibenden Koppelprodukte berücksichtigt. Dazu wurde der Kornertrag (dt/ha) für das Jahr 2022 als Information zum Hauptprodukt verwendet (DESTATIS, 2022). Aus den Angaben der Anlage 7 zur Düngeverordnung (DüV) wird das Hauptprodukt-Nebenprodukt-Verhältnis genutzt, um den Anteil des verbleibenden Koppelproduktes auf dem Feld in der Bilanzierung berücksichtigen zu können (z. B. das Stroh vom Getreide) (DüV). Dadurch ergibt sich der Strohertrag in dt/ha. Zusammen mit dem VDLUFA-Wert der Kulturen in Bezug auf Tonne Frischmasse konnte daraus der Wert für die Humusäquivalente pro Hektar kalkuliert werden. Zum anderen wurde, wenn Angaben dazu vorlagen, im Jahr 2020 die Wirkung des ÖVF-Zwischenfruchtanbaus mit einbezogen. Basierend auf den Angaben aus der Literatur wurde die humusmehrende Wirkung mit einem Wert von 320 kg C_{org}/ha*a berücksichtigt (Poeplau und Don, 2015).

Die Bilanzierung des Humusgehaltes ergibt sich aus der Summierung der Veränderung der Vorräte durch die angebauten Kulturen. Diese Methode wird auch im Rahmen des Berechnungsstandards für einzelbetriebliche Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK, 2016) verwendet. Es können also nur Tendenzaussagen zur Humusbildung der Betriebe getätigt werden. Aufgrund der genannten Einschränkungen eignet sich die vereinfachte

[7] Die Humusäquivalente können in kg Humus-C umgerechnet werden (1 Häq = 1 kg Humus C) (Beck und Rippel (2014)).

[8] Der Verlust von Humus durch Zersetzung in Abhängigkeit von der Bodenart und Klima konnte nicht berücksichtigt werden (VDLUFA (2014)). Zudem erfolgte keine schlagspezifische Ermittlung der Humusversorgung der letzten fünf bis zehn Jahre. Es wird auch nicht die gesamte Fruchtfolge betrachtet.

Humusbilanzierung aber, um eine vergleichende Bewertung von Bewirtschaftungssystemen auf Betriebsebene als Mit-Ohne- bzw. Difference-in-Difference-Vergleich (DiD) vornehmen zu können. Dies erlaubt die Veränderung des Humusgehalts im Vergleich zur Situation ohne Förderung bzw. konventioneller Bewirtschaftung mit der VDLUFA-Methode zu kalkulieren. Die herangezogenen Jahre waren 2015 zu Beginn und 2020 gegen Ende der betrachteten FP.

Hinweis: Neben der Landnutzungsart (Acker- oder Grünland) hat der Standort den wichtigsten Einfluss auf den Humusvorrat von Mineralböden. Dabei sind Faktoren wie z. B. Bodentextur, Grundwassereinfluss und Bodentyp ausschlaggebend, welches Humusniveau im Boden vorliegen kann (Vos et al., 2019; Don et al., 2021). Das heißt, standortspezifische Bedingungen sind ausschlaggebender als die Bewirtschaftung (Drexler et al., 2022). Im Umkehrschluss ist damit verbunden, dass die in der Wissenschaft herausgearbeiteten Kohlenstoffeintragsraten der verschiedenen Maßnahmen am wenigsten bestimmend für den Kohlenstoffgehalt und -vorrat im Boden sind, aber eine für diesen Rahmen geeignete Herangehensweise zur Quantifizierung darstellen.

5 Wirkungen und Wirksamkeit

In den folgenden Kapiteln erfolgt zunächst jeweils eine Beschreibung des Wirkpotenzials der bodenschutzrelevanten Bewertungskriterien Erosionsschutz (Wasser, Wind), Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden und Erhöhung der Naturnähe. In den weiteren Kapiteln wird auf die tatsächliche Wirkung der Maßnahmen eingegangen. Diese Kapitel 5.4 und 5.5 gliedern sich in die Maßnahmen mit und ohne programmiertes Bodenschutzziel. In den Unterkapiteln werden die Wirkungen auf den geförderten Flächen bzw. der geförderten Vorhaben auf die Bewertungskriterien beurteilt. Im Kapitel 5.7 und zusammenfassend im Kapitel 7 erfolgt die Aggregation der Einzelwirkungen der Maßnahmen für das gesamte Programm.

5.1 Wirkpotenzial Erosionsschutz

Durch die Bodenerosion werden die natürlichen Funktionen des Bodens (v. a. Filterung, Pufferung und Transformation) eingeschränkt, was wiederum zur Beeinträchtigung der damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen wie z. B. Hochwasserschutz, Kohlenstoffspeicherung und Nahrungsproduktion führt (Stolte et al., 2016; Baritz et al., 2023; Jacobs et al., 2018; Steinhoff-Knopp et al., 2021). Demnach ist der Schutz vor Bodenerosion ein zentrales Thema im Bereich des Bodenschutzes.

Die Wirkungsanalyse teilt sich in die zwei Bereiche Wassererosion und Winderosion auf, welche in zwei Unterkapiteln behandelt werden.

5.1.1 Wassererosion

Für die Anfälligkeit der Flächen gegenüber Wassererosion sind verschiedene Faktoren ausschlaggebend:

- Regen als unveränderbarer Faktor (R-Faktor in der ABAG),
- Hangneigung als nur mit großem Aufwand veränderbarem Faktor (S-Faktor),
- Hanglänge der Bodenbedeckung (L-Faktor) und der Bewirtschaftung (Einfluss auf den C-Faktor) als veränderbare Faktoren.

Zu den betrachteten positiv wirkenden Wirkungsfaktoren zählen diejenigen, welche durch im Rahmen der Bewirtschaftung und Maßnahmen angepasst werden können (vgl. Tabelle 11). Durch die Wahl der Bewirtschaftungsmethode, wie **Aufbau und Erhalt der Bodenbedeckung** (C-Faktor, Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor) und Verringerung bis vollständigen **Verzicht der Bodenbewirtschaftung** (P-Faktor, Erosionsschutzfaktor), kann am ehesten Einfluss auf die Erosion durch Wasser genommen werden (LfL, 2023; Honecker et al., 2022; Brand-Sassen, 2004). Eine bodenschonende Bewirtschaftung (in Form von konservierender oder pflugloser Bearbeitung) sorgt dafür, dass mehr stabile Bodenaggregate und Makroporen vorhanden sind,

welche die Infiltration erhöhen und damit die Bodenabtragsraten gegenüber konventioneller Bewirtschaftung reduzieren (Steinhoff-Knopp und Bug, 2017; Honecker et al., 2022).

Durch das **Belassen der Pflanzenreste an der Bodenoberfläche** (Mulch) wird wiederum eine dichtere Bodenbedeckung erreicht, was nachweislich den Bodenabtrag reduziert (Seitz et al., 2019). Ab einem Bodenbedeckungsgrad von mindestens 25 bis 30 % ist bereits von einem guten Schutz auszugehen (Honecker et al., 2022; LWK NRW, 2007; Feldwisch und Frick, 2002). Mit einer geschlossenen Bodendecke kann das Wasser seine erosive Kraft beim Aufprall auf die Bodenoderfläche nicht entfalten. Damit wird einer Verschlämmung des Bodens vorgebeugt, einem zentralen Auslöser für Oberflächenabfluss und Mitnahme bzw. Abtransport des gelösten Bodenmaterials. Hingegen sind durch den regelmäßigen Pflugeinsatz bearbeitete Flächen mit vegetationsfreier Bodenoberfläche wesentlich erosionsanfälliger als Mulchsaatflächen oder Flächen mit Direktsaat (Honecker et al., 2022).

Auch die **Verkürzung der erosiven Hanglänge** (L-Faktor) ist ein wichtiger Wirkungsfaktor. Maßnahmen, die sich dafür eignen, sind **begrünte Streifen, Hecken oder verkürzte Flurstücke** in erosionsgefährdeten Bereichen quer zur Hangrichtung. Durch die Anlage dauerhaft begrünter Streifen kann die erosive Kraft des Wassers, aufgrund der erhöhten Rauigkeit der Bodenoberfläche und der daraus folgenden verminderten Fließgeschwindigkeit, verringert werden. Als Folge setzen sich das erodierte Bodenmaterial und die daran gebundenen Stoffe besser ab (Honecker et al., 2022; Kühne et al., 2018; LfULG, 2010; Klein et al., 1999). Dasselbe gilt auch für begrünte Abflussbahnen in erosiven Tiefenlinien. Bei der Verkürzung der Hanglänge durch Grünstreifen und Hecken ist deren Lage und Breite entscheidend für die Wirkung. Am besten können sie ihre Wirkung entfalten, wenn sie höhenlinienparallel angelegt sowie an die Neigung und Länge des Hanges angepasst sind. Prinzipiell gilt, je länger und steiler ein Hang, desto breiter muss der Streifen und die Hecke (oder mehrere) sein, um die Fließstrecke und -geschwindigkeit zu verringern (LfULG, 2010; Skowronek und Schelmer, 2000; Schwertmann et al., 1990). Auch eine sinnvolle Kombination dieser Elemente z. B. im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren kann zur Reduzierung der erosiven Hanglänge und der damit verbundenen Erosionsanfälligkeit beitragen (Richter, 2024; Steininger und Wurbs, 2023). Durch eine Bewirtschaftung der Ackerflächen quer zum Hang ist ein zusätzlicher Schutz der Bodenpartikel möglich, besonders wenn die Fahrspuren nicht hangabwärts angelegt werden (Honecker et al., 2022).

5.1.2 Winderosion

Unter Winderosion wird der Prozess des äolischen Bodenabtrags und der Bodenverlagerung gefasst, welcher durch die menschliche Tätigkeit verstärkt ist und über das natürliche Maß hinaus geht (Steininger und Wurbs, 2017; Honecker et al., 2022). Die Anfälligkeit gegenüber Winderosion wird vor allem durch unveränderbare Faktoren wie

- das Klima wie z. B. die Windgeschwindigkeit,
- die Hydrologie wie z. B. Vorherrschen einer (zeitlich begrenzten) negativen klimatischen Wasserbilanz und
- die Erodierbarkeit des Bodens (Erosionsanfälligkeit aufgrund von Bodenart und Humusgehalt)

bestimmt.

Verringert werden kann die Winderosion, ähnlich wie bei der Wassererosion, nur durch Veränderung der Ackerflächenzuschnitte, der Flächenbewirtschaftung bzw. durch das Umsetzen von Schutzmaßnahmen (Steininger und Wurbs, 2017; Honecker et al., 2022). Diese Veränderungen wirken sich auf die Faktoren der **Bodenbedeckung** und der Länge der Ackerschläge aus. Beim Wind (eigentlich ein unveränderbarer Faktor) kann nur die Geschwindigkeit an der Bodenoberfläche durch aufwendige Maßnahmen wie das vertikale Untergliedern der Flächen verändert bzw. verringert werden. Durch das Einbringen von Strukturelementen wie Hecken, Knicks oder Feldgehölzen wird die **Feldlänge verkürzt** und die **Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche reduziert**. Werden mehrere lineare Elemente mit einem entsprechenden Abstand nebeneinander angelegt, erfolgt eine

Anhebung des Strömungsfeldes und die Bodenoberfläche wird vor der erosiven Wirkung des Windes geschützt. Aber auch das Anlegen von Grünstreifen quer zur Hauptwindrichtung oder der Streifenbewirtschaftung mit verschiedenen Fruchtarten im Wechsel sind wirksame Winderosionsschutzmaßnahmen (Duttmann et al., 2011). Vergleichbar mit der Schutzwirkung bei der Wassererosion ist auch eine konservierende oder pfluglose Bewirtschaftung aufgrund der höheren Bodenbedeckung (ab > 25 %) zur Verringerung der Winderosion geeignet (Honecker et al., 2022; Duttmann et al., 2011). Diese Bewirtschaftungsweisen haben zudem den weiteren Vorteil, dass sie mittelfristig den Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden erhöhen, was wiederum die Erosionsanfälligkeit des Bodens durch das Stabilisieren der Bodenoberfläche bzw. des Bodengefüges verringert. Betreffende Wirkungspfade mit positiver Richtung sind auch Kapitel 3.2.3 zu entnehmen.

5.2 Wirkpotenzial Kohlenstoffspeicherung im Boden

Die humusmehrende Bewirtschaftung von Ackerflächen oder das Einbringen von Landschaftselementen wie Grünstreifen, Hecken oder Feldgehölze kann zu einer Steigerung des Bodenkohlenstoffs beitragen. Das ist möglich, da der Kohlenstoffgehalt der Ackerböden und die Speicherkapazität gegenüber einer natürlichen Vegetation nicht ausgeschöpft ist (Wüstemann et al., 2023). Wird atmosphärischer Kohlenstoff im Boden durch Pflanzen, Pflanzenrückstände oder organische Feststoffe als Teil der organischen Bodenmaterie gebunden (C-Sequestrierung), verbleibt dieser nicht in der Atmosphäre (Olson et al., 2014). Dies wird erreicht durch die Veränderung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweisen und Grünlandbewirtschaftung mit dem Ziel, den Kohlenstoffvorrat in mineralischen Böden zu erhöhen (Siemons et al., 2023). Auch eine Zufuhr von organischer Materie durch Düngung kann zu einer Steigerung der Kohlenstoffspeicherung im Boden führen, sofern Verlagerungseffekte ausgeschlossen werden (Flessa et al., 2018; Tiefenbacher et al., 2021; Wüstemann et al., 2023).

Die geförderten Maßnahmen setzen an den verschiedenen **Wirkungsfaktoren** zur Speicherung von Kohlenstoff im Boden an und unterstützen hierdurch den Humusaufbau. Die Bewertung der Wirkung erfolgt anhand des Potenzials des eingetragenen Kohlenstoffs in den Boden, welcher aufgrund der folgenden Wirkungsfaktoren quantifiziert werden kann:

- bodenschonende Bewirtschaftung,
- Anbau humusmehrender Kulturen,
- mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln).

Der Beitrag der Maßnahmen zum Kohlenstoffeintrag in den Boden wird mithilfe verschiedener Methoden (siehe Kapitel 4) analysiert.

5.3 Wirkpotenzial Verbesserung des Bodenschutzes im Wald

Dem Bewertungskriterium Verbesserung des Bodenschutzes im Wald wurde in diesem Bericht der Wirkungsfaktor Veränderung der Bestockungsverhältnisse zugeordnet, der nur bei den beiden Forstmaßnahmen TM 8.4 Wiederaufbau Wald und TM 8.5 Waldumbau zum Tragen kommt.

Im Kontext derer wird auf die Aufforstung bzw. Neubestockung forstlicher Flächen abgezielt. Der Wandel von nicht naturnahen Nadelholzbeständen hinzu heimischen Laub- und Mischwäldern soll die Naturnähe und damit auch die Resilienz der Wälder erhöhen. Durch die Begründung stabiler Mischwälder wird der Bodenschutz gefördert, Erosionsrisiken werden reduziert und die Wasserhaltefähigkeit des Bodens kann langfristig verbessert werden. Besonders im Kontext häufiger Starkregenereignisse gewinnen tiefwurzelnde, standortgerechte Laubbaumarten an Bedeutung für die Stabilisierung von Waldböden. Im Falle von Trockenheit und Dürre dienen sie als Wasserspeicher.

Wie im Kapitel 2.1.3 dargestellt, sind die Wälder Schleswig-Holsteins stark von den Dürreperioden der letzten Jahre geprägt und stehen auch künftig aufgrund sich ändernder klimatischer Bedingungen vor großen Herausforderungen. Der hohe Anteil an Misch- und Laubwäldern zeigt sich im bundesweiten Vergleich bereits heute vorteilhaft gegenüber Kalamitäten wie dem Befall durch den Borkenkäfer. Auch wenn Schleswig-Holstein das waldärmste Bundesland ist, besteht durch den Waldumbau und den Wiederaufbau Wald das Potenzial, die vorhandenen Waldflächen naturnäher und damit auch resilienter zu gestalten.

5.4 Wirkungen der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen

Die Einschätzung zu den Wirkungen der sieben Maßnahmen mit programmiertem SPB 4C-Ziel werden in flächenbezogene und nicht flächenbezogene Maßnahmen untergliedert. In den Kapiteln werden wiederum die Bewertungskriterien Wasser- und Winderosionsschutz sowie Kohlenstoffspeicherung im Boden thematisiert.

5.4.1 Flächenmaßnahmen

Bei den Flächenmaßnahmen gilt es zu berücksichtigen, dass Kombinationen von AUKM und dem Ökologischen Landbau möglich waren. Diese wirken sich auf die Angabe der netto geförderten Flächen aus, also ohne Doppelzählungen. Ausführungen zu den umgesetzten Kombinationen der Maßnahmen untereinander sind dem Bericht von Reiter et al. (2024) Kapitel 6 zu entnehmen. Flächenmäßig am stärksten waren im Jahr 2020 auf den Ackerflächen von insgesamt rund 8.700 ha die Kombinationen von ÖKO mit VKA-Förderung (4.830 ha) sowie Ökoförderung mit VNS (3.123 ha). Die Kombinationen werden bis auf die Kombination von VKA-Förderung und ÖKO nicht weiter betrachtet.

5.4.1.1 Winterbegrünung

Das MSL-Vorhaben (Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung) Winterbegrünung fördert den Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten im Ackerbau, die über den Winter stehen bleiben. Teilnehmende der Maßnahme verpflichten sich, auf mindestens fünf Prozent der Ackerfläche des Betriebes Untersaaten oder Zwischenfrüchte anzubauen. Die eingesetzten Flächen können jedes Jahr wechseln. Außerdem dürfen keine Pflanzenschutzmittelaufwendung und keine mineralische sowie organische Stickstoffdüngung nach der Ernte der Hauptfrucht bis zum 31.01. erfolgen. Die Zwischenfrucht darf dabei bis spätestens 15.09. eingesät (bei Mais bzw. Zuckerrüben muss die Einsaat von Grünroggen und Gräsern bis zum 10.10. erfolgen) und erst ab dem 01.03. umgebrochen werden. Bei einer Untersaat muss diese bis spätestens 01.07. erfolgen. (MSL-Richtlinie). Im Durchschnitt bestellten die Teilnehmenden der Maßnahme ungefähr ein Drittel ihrer Ackerfläche mit Winterbegrünung. Somit wurde die Mindestvorgabe bzw. das gesetzte Ziel deutlich überschritten, obwohl die Winterbegrünung mit weniger als 2 % der Ackerfläche nur eine geringe Verbreitung fand (Reiter et al., 2024).

Die Winterbegrünung wurde nur in den beiden Jahren 2015 und 2016 angeboten (Übergang der Förderperioden, vgl. Kapitel 3.3). Allerdings wurden bereits im zweiten Antragsjahr die Mittel ausgeschöpft, sodass aufgrund fehlender Mittel keine neuen Anträge mehr zugelassen werden konnten (Reiter et al., 2024).

Ein Anbau von Zwischenfrüchten (ZWF) in Verbindung mit Mulchsaat kann in erosionsgefährdeten Lagen zum **Wassererosionsschutz** beitragen. Dabei ist ein zentrales Ziel, die Bodenbedeckung zu erhöhen, etwa durch absterbendes, abgestorbenes oder strukturreiches Material und somit die Bodenoberfläche vor der erosiven Kraft des Wassers zu schützen (Brunotte et al., 2022; Wiesmeier et al., 2020; Tiefenbacher et al., 2021). Ähnlich wirken auch Untersaaten zur temporären Erhöhung der Bodenbedeckung (Honecker et al., 2022). Mit ZWF und Untersaaten ist die Aggregatstabilität erhöht und Bioporen sind vermehrt vorhanden, was zu einer verbesserten Bodenporosität führt. Dadurch wiederum ist die Wasserinfiltration erhöht, was das Risiko von Oberflächenverschlämmung reduziert (Helfrich et al., 2024; Guggenberger und Gentsch, 2023; Wüstemann et

al., 2023). Zudem konnte nach dem Absterben der ZWF eine hohe Bodenwasserspeicherung (höher als bei einer Brache) nachgewiesen werden (Guggenberger und Gentsch, 2023).

Mit einem Anbau von ZWF und Untersaaten wird bereits im Spätsommer/Herbst und im Winterhalbjahr eine geschlossene Bodenbedeckung erreicht, was nicht nur für den Schutz vor Wassererosion, sondern auch vor **Winderosion** wichtig ist. Wird zudem eine nicht-wendende Bodenbearbeitung oder Direktsaatverfahren vor der Hauptfrucht praktiziert, kann die Wirkung noch erhöht werden. Bei den Untersaaten ist die Erhöhung der Bodenbedeckung besonders bei Kulturen mit großen Reihenabständen zu empfehlen, um den Schutz vor Winderosion sowohl räumlich als auch zeitlich zu erhöhen (Steininger und Wurbs, 2017; Honecker et al., 2022; Helfrich et al., 2024).

Prinzipiell wird durch das Maßnahmendesign an den richtigen Wirkungskomponenten angesetzt (Bodenbedeckung zum erosionsanfälligen Zeitraum), wodurch der Wirkungsbeitrag als sehr positiv einzuschätzen ist. Allerdings ist die Bodenbedeckung nur einige Monate verpflichtend. Zudem lagen nur rund zwölf Prozent der geförderten Fläche in den höheren E_{nat}-Erosionskulissen (ab $E_{nat}3$, mittlerer Erosionsgefährdung) (vgl. Tabelle 27). Somit steht dem hohen Wirkungspotenzial ein geringer Teil der erreichten erosionsgefährdeten Flächen gegenüber (Reiter et al., 2024).

Durch den regelmäßigen, langfristigen Anbau von Zwischenfrüchten (ZWF) oder Untersaaten in der Fruchtfolge kann **Kohlenstoff in den Boden** eigetragen werden. Wenn die ZWF oder Untersaaten eingearbeitet werden, tragen sie zusätzlich zur Hauptfrucht organische Substanz in den Boden ein und zum Humusaufbau bei (Don et al., 2021; Westerschulte, 2024). Dabei ist zu beachten, dass biodiverse Mischungen der Zwischenfrüchte den Reinbeständen bzgl. der Kohlenstoffspeicherungen im Boden überlegen sind (Westerschulte, 2024; Guggenberger und Gentsch, 2023). Die Zusammensetzung/Pflanzenarten der ZWF und Untersaaten bestimmen die ober- und unterirdisch produzierte Biomasse und sind damit zentral für die Humuswirkung. Geeignet sind Arten, welche humusmehrend wirken und in der Fruchtfolge einen Nährstoffeffekt für die Folgekulturen erbringen (Wüstemann et al., 2023). Der Zuwachs an C_{org} in den Boden erfolgt dabei degressiv, bis das neue Gleichgewicht erreicht ist, d. h. die Zuwachsraten sind am Anfang höher als am Ende (Seitz et al., 2022; Lugato et al., 2014).

Im Mittel können bei einem jährlichen Zwischenfruchtanbau mit Gründüngung 320 ± 80 kg C/ha*a im Oberboden (0 bis 22 cm) aufgebaut werden, wenn sie langfristig (Untersuchungen: Anbau bis zu 54 Jahre) angebaut werden (Poeplau und Don, 2015). Es wird angenommen, dass das Potenzial von ZWF bei jährlichem Anbau im Oberboden (bis zu 30 cm) von Ackerflächen deutlich größer ist (400 ± 142 kg C_{org}/ha*a), wobei dies jeweils von den angebauten ZWF-Kulturen, der Fruchtfolge und den Bodenbedingungen vor Ort abhängig ist (Tiefenbacher et al., 2021; Poeplau und Don, 2015). Bei zwanzig Jahren ZWF-Anbau kann der Kohlenstoffvorrat im Oberboden auf Ackerflächen im Mittel um 8.000 kg C/ha erhöht werden, was einer mittleren Vorratsänderung von 400 kg C_{org}/ha*a entspricht (Poeplau und Don, 2015 zitiert in: Flessa et al., 2018). Der Großteil (65 %) des Kohlenstoffeintrags im Oberboden wird durch die oberirdische Biomasse erzielt. Über alle Ackerflächen in Deutschland hinweg wird mit den aktuellen ZWF der soil organic carbon (SOC)-Vorrat im Schnitt um 50 kg C/ha*a in zehn Jahren erhöht (Seitz et al., 2022).

Aufgrund der inhaltlichen Nähe zu dem im Greening enthaltenden ÖVF-Standard Zwischenfruchtanbau wurde die Maßnahme ab 2017 bis zum Ende der Förderperiode nicht mehr zur Neuantragstellung freigegeben. Mitnahmeeffekte konnten keine festgestellt werden. Die Förderauflagen der Winterbegrünung gehen zwar über den Standard der ÖVF-Maßnahme hinaus, allerdings wird davon ausgegangen, dass insbesondere die Betriebe mit Mais dominierter Fruchtfolge ein hohes Eigeninteresse am Anbau von Zwischenfrüchten haben und dieses Interesse durch die ÖVF-Maßnahmen gedeckt wird (Reiter et al., 2024).

5.4.1.2 Vielfältige Kulturen im Ackerbau

Wie die Förderung der Winterbegrünung wurde auch diese Vorhabenart entsprechend der MSL-Richtlinie (2015) gefördert und nur in den beiden Jahren 2015 und 2016 zur Antragstellung angeboten. Zudem wurde sie 2015 das erste Mal angeboten, da diese Vorhabenart nicht Teil der vorherigen Förderperiode bis 2013 war. Die Inanspruchnahme war sehr gut und stieg von 7.884 ha im Jahr 2016 auf fast das Doppelte im Jahr 2019 (Förderhöchststand) an, sodass sie nach der Vorhabenart Vertragsnaturschutz die flächenstärkste AUKM war. Mit dem zweiten Jahr der Öffnung wurde der Zielwert von 11.500 ha (MELUR, 2015) überschritten. Weitere Informationen zur Ausgestaltung der Vorhabenart und Inanspruchnahme sind dem Bericht von Reiter et al. (2024) zu entnehmen.

Die Hauptwirkung der VKA-Förderung für den Bodenschutz und die Kohlenstoffspeicherung im Boden geht von dem in die Fruchtfolge zu integrierenden Leguminosenanteil von mindestens 10 % des Ackerlandes aus. Die Vorhabenart konnte auch mit dem Ökologischen Landbau kombiniert werden. Da Leguminosen zur klassischen Fruchtfolge beim Ökolandbau gehören, wurde folgerichtig für Ökobetriebe ein reduzierter Fördersatz angesetzt (VO (EG) Nr. 834/2007; VO (EU) 2018/848). Leguminosen können durch spezielle Bodenbakterien Luftstickstoff im Boden fixieren, welcher wiederum der Nachfrucht zur Verfügung steht und dadurch die Notwendigkeit zum Einsatz von synthetischem N-Dünger reduziert (Klimaschutzaspekt, Menge der Einsparung abhängig von der Leguminosenart (Watson et al., 2017; Skadell et al., 2023)). Einige Leguminosenarten können aufgrund tiefer Wurzelsysteme (> 1,5 m) den Boden auflockern, was wiederum die Bodenstruktur verbessert und mehr SOC in den Unterboden einbringt (Böhm et al., 2020; Skadell et al., 2023).

Durch die Integration der Leguminosen wird auch die Fruchtfolge erweitert. Die Fruchtfolge ist entscheidend für den Humusgehalt und bestimmt die oberirdisch- und unterirdisch produzierte Biomasse (Poeplau und Don, 2015; Körschens et al., 2005; Wüstemann et al., 2023). Die Menge an organischer Substanz (Düngung, Ernte- und Wurzelreste) ist wichtig für die Steuerung der Zufuhr an organischer Substanz in den Boden (Wessolek et al., 2008; Drexler et al., 2020). Mit einer breiten Fruchtfolge (Zwischenfruchtanbau, Deckfrüchte, mehrjährige Kulturen) kann der SOC-Vorrat erhöht werden, wenn bei den angebauten Kulturen auf eine geeignete Kombination von sich ergänzenden Wurzelsystemen (vor allem Tiefwurzler), Wachstumsperioden und Bodenbedeckung geachtet wird (Dynarski et al., 2020). Die SOC-Anreicherung, die Aggregatstabilität und die mikrobielle Aktivität werden durch eine abwechslungsreiche Fruchtfolge erhöht und die SOC-Verluste reduziert (Peng et al., 2023; Tiefenbacher et al., 2021). Diversifizierte Fruchtfolgen können das Kohlenstoff-Sequestrierungspotenzial im Oberboden (0 bis 20/30 cm) um 216 ± 117 kg C/ha*a erhöhen (Tiefenbacher et al., 2021). Dies ist abhängig von der Gestaltung der Fruchtfolge und den Sequestrierungsraten der jeweiligen Kultur, welche zwischen 150 bis 360 kg C/ha*a liegt (Wiesmeier et al., 2020). Der Zuwachs an C_{org} in den Boden erfolgt dabei degressiv, bis das neue Gleichgewicht erreicht ist, d. h. die Zuwachsraten sind am Anfang höher als am Ende (Seitz et al., 2022; Lugato et al., 2014).

Quantifizierung der Kohlenstoffspeicherung im Boden

Der Einfluss des Anbaus vielfältiger Kulturen im Ackerland auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden wurde, wie in Kapitel 4.3.4 beschrieben, durch die vereinfachte Humusbilanz der Fruchtfolge kalkuliert (VDLUFA, 2014). Die Wirkung ist im Vergleich zur kontrafaktischen Situation ohne Förderung zu interpretieren. Zentral sind dabei die angebauten Kulturarten auf den geförderten Ackerflächen.

In den folgenden Bewertungen ist zu beachten, dass unter den Betrieben mit VKA-Förderung viele Ökobetriebe sind, die auch ohne VKA-Förderung eine andere Fruchtfolge als konventionelle Betriebe haben. Daher unterscheidet sich die Wirkung der VKA-Förderung in Ökobetrieben und konventionellen Betrieben. Dies wird durch die Auswertung der Betriebe mit einer Kombination aus beiden Maßnahmen in einem separaten Unterkapitel und die Angabe der betrachteten Gruppe verdeutlicht.

Die Ergebnisse unterteilen sich in die separaten Auswertungen der Jahre 2015 und 2020 (als Vorher-Nachher- bzw. Mit-Ohne-Vergleich) sowie in die Auswertungen als DiD-Vergleich. Es kam die gesamte InVeKoS-Förderfläche der ausgewählten Jahre zur Anrechnung. Bei der Betrachtung der beiden Einzeljahre fällt auf, dass die Summe der vereinfachten Humusbilanzen (Spaltenziffer 1) und der Mittelwerte (Spaltenziffer 2) im Jahr 2020 bei den Betrieben mit VKA-Förderung positiv ausfällt, wohingegen die Betriebe ohne VKA-Förderung in beiden Jahren negative Summen aufwiesen. Dies deutet auf eine stärker humusmehrende Bewirtschaftung der Teilnehmenden hin (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17: Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2015 und 2020, Unterscheidung für Betriebe mit und ohne VKA-Förderung

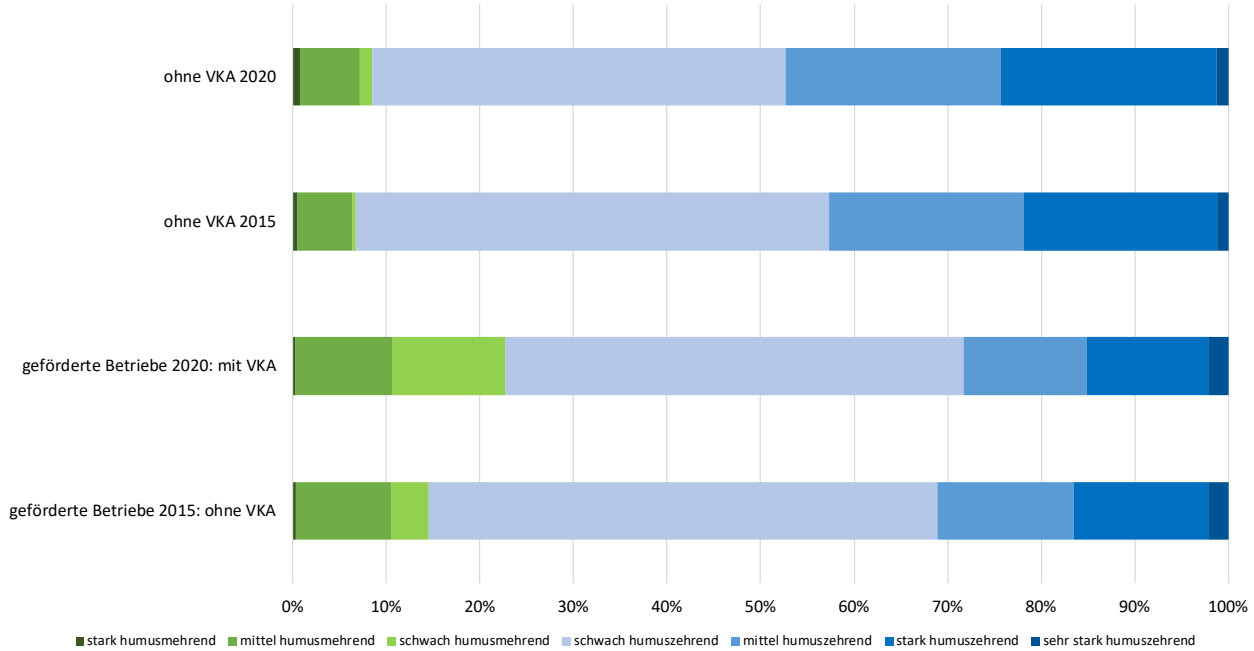
				Humusreproduktionsleistung [Häq/ha*a]			
Jahr	Förderung für den Anbau vielfältiger Kulturen im Ackerbau	Anzahl Betriebe	Ackerfläche	(1) Summe	(2) Mittelwert	(3) Mittelwert gewichtet	(4) Netto des gewichteten Mittelwertes der Flächen mit VKA-Förderung im Vergleich zu Flächen ohne VKA-Förderung
		[n]	[ha]				
2020	ohne	8.781	649.334	-76.840.604	-118,5	-118,3	
	mit	68	9.496	400.474	65,3	42,2	160,5
2015	ohne	9.631	645.253	-56.591.067	-115,6	-87,7	

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2015, 2020) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015).

Werden die flächengewichteten Mittelwerte (Spaltenziffer 3) betrachtet, bei denen einzelne Betriebe nicht „durchschlagen", zeigt sich dieselbe Tendenz mit etwas geringeren Differenzen (vgl. Nettowerte der geförderten Betriebe im Vergleich zur Situation ohne VKA-Förderung, Spaltenziffer 4). Durch die Integration der Leguminosen in die Fruchtfolge wird der Anteil humusmehrender Kulturen erhöht und in der Theorie der Anbauanteil anderer humuszehrender Kulturen dafür vermindert (weiteres dazu siehe übernächsten Abschnitt). Im Vergleich zu nicht durch VKA geförderten Betrieben resultiert bei den Betrieben mit VKA-Förderung (Spaltenziffer 4) eine Festlegung bzw. Einsparung von Kohlenstoff von ca. 161 Humusäquivalenten/ha*a im Jahr 2020. Der Humussaldo der VKA-Förderfläche (gewichteter Mittelwert 2020, Spaltenziffer 3) ist nach der VDLUFA als „ausgeglichen" zu bewerten, was bedeutet, dass kein Handlungsbedarf der Betriebe zur Veränderung ihrer Bewirtschaftung (z. B. Anbau anderer Fruchtarten) besteht und der Humusabbau durch die Humuszufuhr in der Fruchtfolge ausgeglichen wird (grobe Annäherung, Prämisse: Wertung als integriert wirtschaftender Betrieb, ohne Berücksichtigung der organischen Düngung). Nur bei den Betrieben ohne VKA-Förderung (2015 und 2020) liegt auf den Förderflächen schon ein „hohes" Humussaldo vor, was nur als mittelfristig tolerierbar zu bewerten ist. Hier muss eine ausgeglichene Bilanz angestrebt werden (VDLUFA, 2014: Tabelle 3a). Durch einen Vergleich der Humusbilanzvarianten der Betriebe 2020 mit und ohne Berücksichtigung des ÖVF-ZWF Anbaus konnte festgestellt werden, dass die Werte der Humusbilanz dieser Variante leicht überschätzt sind. 2020 lag die gemittelte und gewichtete Humusbilanzdifferenz zur Situation ohne Förderung (Spaltenziffer 4) unter Berücksichtigung des ÖVF-ZWF-Anbaus bei ca. 156 Humusäquivalenten/ha*a. Der Effekt der Überschätzung fällt insgesamt gering aus, da der ÖVF-ZWF Anbau in SH nur auf 2,1 % der Ackerfläche umgesetzt wurde (Jahr 2021, vgl. Reiter et al., 2024).

Werden die angebauten Fruchtarten entsprechend ihrer Humusreproduktionsleistung in humusmehrende und humuszehrende Gruppen sortiert (Einteilung im Anhang, vgl. Tabelle A1 und Tabelle A2), zeigt sich ein etwas genaueres Bild, welche Fruchtarten bei den Betrieben mit und ohne VKA-Förderung im Fokus standen (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4: Verteilung der Fruchtarten der betrachteten Betriebe 2015 und 2020, aufgeteilt nach Humusgruppen sowie mit und ohne VKA-Förderung (Flächenanteile in %)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der InVeKoS-Daten (2015, 2020).

Die Betriebe ohne VKA-Förderung zeigten in den Jahren 2015 und 2020, genauso wie die einsteigenden Betriebe 2015 in die VKA-Förderung, die höchsten Flächenanteile humuszehrender Fruchtarten (zwischen 74-92 %). Bei einem Einstieg in die VKA-Förderung (2015 keine VKA-Förderung, VKA-2020 Förderung) wurden die Anteile der humuszehrenden Kulturen, wozu v. a. Getreide und Mais zählen, reduziert. Dies ist auf die Förderbedingungen von max. 66 % Getreide am Ackerland zurückzuführen. Als Ausgleich wurde der Anteil v. a. schwach humusmehrender Kulturen erhöht. Auch hier ist ein Bezug zur Förderbedingung des Leguminosenanbaus auf mindestens 10 % des Ackerlandes und der erhöhten Prämie für Körnerleguminosen sichtbar.

Kombinierte Inanspruchnahme Vielfältige Kulturen und Ökologischer Landbau

Die VKA-Förderung war auch für ökologisch wirtschaftende Betriebe mit einem reduzierten Fördersatz zur Beantragung geöffnet (MSL-Richtlinie). Im Folgenden sind die Ergebnisse aus dem Akzeptanzbericht von Reiter et al. (2024) dargestellt, die den Zusammenhang zwischen der VKA-Förderung und der Ökoförderung zeigen, wobei auch auf konventionelle VKA-Teilnehmende vergleichend eingegangen wird.

Um Aussagen zur Anpassung der Fruchtfolge durch die VKA-Förderung in Ökobetrieben vornehmen zu können, wurden verschiedene Betriebsgruppen untersucht: Teilnehmende bzw. neueinsteigende VKA- und Ökobetriebe, nicht an der VKA-Förderung teilnehmende Ökobetriebe sowie aus der VKA-Förderung ausgestiegene Ökobetriebe (die 2020 noch VKA-Förderung erhielten und 2022 nicht mehr).

Rund 17 % des im Rahmen der Ökoförderung erreichten Ackerlandes wurden 2020 zusätzlich durch VKA gefördert (5.119 ha, entspricht ca. 17 % des ÖKO-AL, rund 35 % des gesamten VKA-AL) (vgl. Tabelle 18). Rund 37 % der teilnehmenden Betriebe waren ökologisch wirtschaftend. 65 % der teilnehmenden Ökobetriebe wirtschafteten bereits 2015 ökologisch.

Tabelle 18: Teilnehmende (ÖKO und konventionell) an Vielfältigen Kulturen im Jahr 2020 – Charakterisierung anhand von Betriebskennziffern

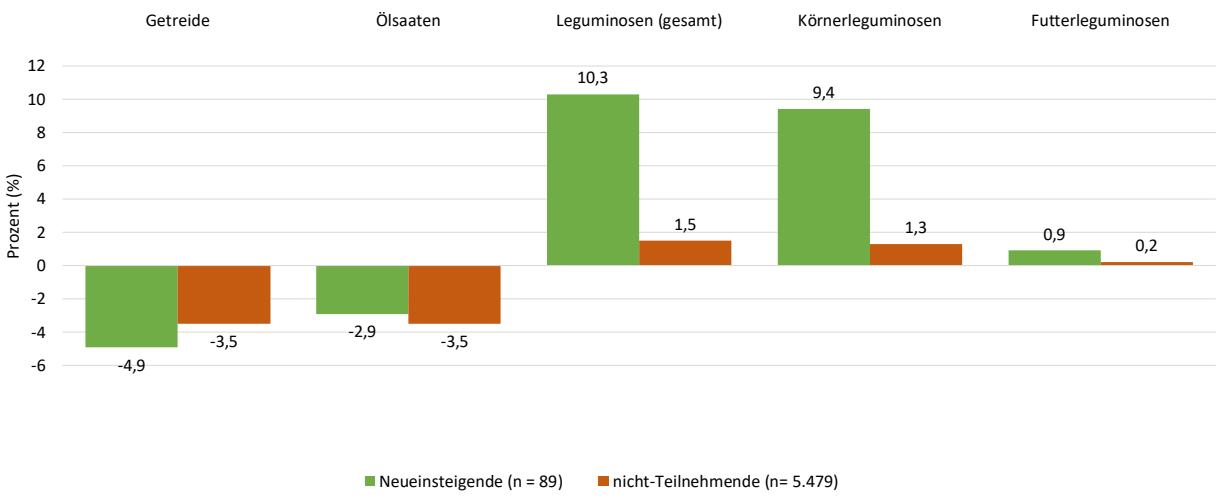
		Betriebsgrößenklasse nach AL (ha)						
		bis < 50	≥ 50 bis 100	≥ 100 bis 200	≥ 200	Gesamt	davon ÖKO	davon konventionell
geförderte Betriebe								
Anzahl Betriebe	n	6	31	41	21	99	37	62
Fläche VKA je Betrieb (Ø)	ha	30	72	149	292	148	138	154
Fläche VKA (Σ)	ha	179	2.223	6.111	6.128	14.640	5.119	9.522
Landwirtschaftliche Fläche (LF) (Ø)	ha	71	105	190	349	190	184	193
Anteile an LF								
davon								
Dauergrünland (Ø)	%	53,7	29,3	21,1	13,9	20,4	22,4	19,3
Ackerland (Ø)	%	46,3	70,6	78,8	86,1	79,5	77,5	80,7

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der InVeKoS-Daten 2020.

Um die Förderauflagen zu erfüllen, wurden von den gesamten teilnehmenden Betrieben (ÖKO und konventionell) im Mittel acht[9] Kulturen angebaut. Dies entspricht einem breiteren Anbauspektrum als bei nicht-teilnehmenden Betrieben (ÖKO und konventionell) mit rund fünf Kulturen.

Um an der Vorhabenart teilzunehmen, passten die teilnehmenden Betriebe ihr Kulturartenspektrum an die Förderauflagen an (vgl. Abbildung 5). Die teilnehmenden Betriebe stellten im Vergleich zu den nicht-teilnehmenden Betrieben nachweislich ihre Anbaustruktur um. Besonders die Leguminosenanteile, vor allem Körnerleguminosen, wurden erhöht (plus zehn Prozentpunkte), wohingegen die Getreideanteile verringert wurden (minus fünf Prozentpunkte). Der hohe Anteil an Körnerleguminosen war besonders bei den Ökobetrieben ausgeprägt sowohl im Vergleich zu den teilnehmenden konventionellen Betrieben als auch nicht-teilnehmenden Ökobetrieben (vgl. Reiter et al., 2024: Tabelle 15).

Abbildung 5: Vielfältige Kulturen – Veränderung der Anbauanteile der teilnehmenden und nicht-teilnehmenden Betrieben von 2015 zu 2020



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der InVeKoS-Daten 2015 und 2020.

[9] Die ÖKO-Betriebe wiesen im Schnitt sogar rund 10 angebaute Kulturen auf.

Aus dem Vergleich der Kulturartenanzahl und Anbauanteile der Betriebe mit und ohne VKA-Förderung ist zu schließen, dass die Kombination der Auflagen zu einer deutlichen Anpassung der Anbaustruktur beim Einstieg in die Fördermaßnahme geführt hat. Nur vier Prozent der nicht-teilnehmenden Betriebe (Ökobetriebe und konventionell) hätten die Auflagen per se erfüllen können. Die Verpflichtung zu 10 % Leguminosenanteil an dem Ackerland entfaltete bei den Betrieben die stärkste Lenkungskraft.

Einige Betriebe, welche 2020 für die Maßnahme eine Förderung erhielten, stellten nach dem Auslaufen der VKA-Förderung ihre Anbaustruktur wieder um (selbe Betriebs-ID, Daten von 2022). Dabei war die Tendenz bei den Betrieben umgekehrt zum Einstieg in die VKA-Förderung (gegenüber den neueinsteigenden Betrieben); die Leguminosenanteile wurden in Form der Körnerleguminosen verringert und die Getreideanteile erhöht. Dabei stellten die konventionellen Betriebe größtenteils stärker um als die Ökobetriebe.

Um die Wirkungen in Bezug auf die Humusspeicherung im Boden zu quantifizieren, wurden auch für Betriebe mit und ohne Kombination mit dem Ökologischen Landbau vereinfachte Humusbilanzen kalkuliert, welche jeweils in den letzten beiden Zeilen in den Jahren dargestellt (**Fettdruck**) sind (Tabelle 19).

Tabelle 19: Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2015 und 2020, Unterscheidung mit und ohne Förderung von VKA und ÖKO

Jahr	Maßnahmen-kombination	Anzahl Betriebe	Ackerfläche	Humusreproduktionsleistung [Häq/ha*a]				
				(1) Summe	Netto	(2) Mittelwert	(3) Mittelwert gewichtet	(4) Differenz: Mittelwert gewichtet zu Betrieben ohne VKA, ohne ÖKO
		[n]	[ha]					
2020	ohne VKA, ohne ÖKO	8.781	649.334	-76.840.604		-118,5	-118,3	-
	mit VKA, ohne ÖKO	68	9.496	400.474	77.241.078	65,3	42,2	160,5
	mit VKA, mit ÖKO	37	5.098	1.190.001	**78.030.605**	249,9	**233,4**	**351,7**
	ohne VKA, mit ÖKO	460	22.787	6.278.923	**83.119.528**	316,8	**275,5**	**393,9**
2015	ohne VKA, ohne ÖKO	9.631	645.253	-56.591.067		-115,6	-87,7	-
	ohne VKA, mit ÖKO	302	19.144	4.443.255	61.034.322	269,6	232,1	**319,8**

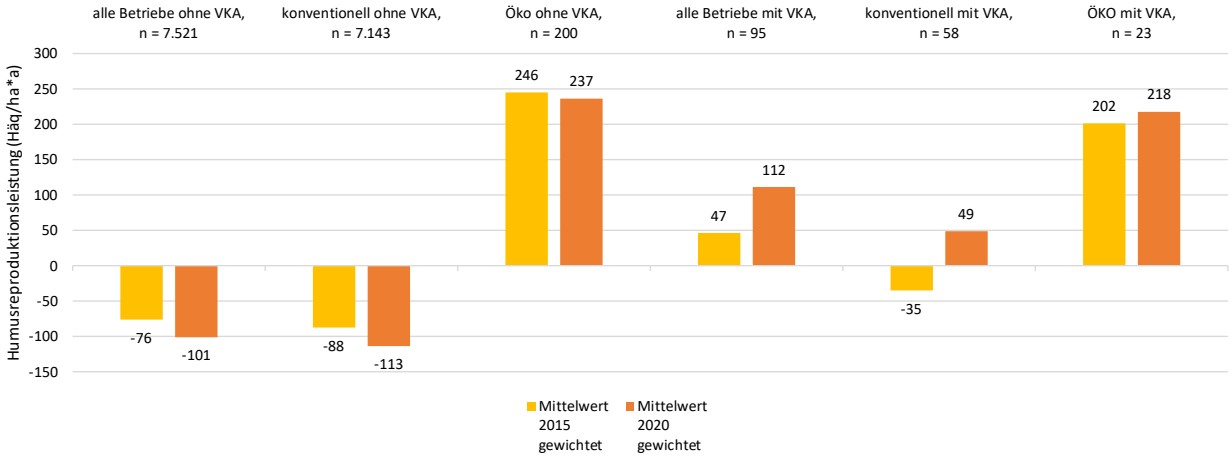
ÖKO = ökologischer Landbau

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2015, 2020) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015).

Die besten Humusbilanzen (als Summe und auch bei den Mittelwerten, Spaltenziffer 1 bis 3) zeigen die Ökobetriebe, welche keine VKA-Förderung in Anspruch nahmen. Im Jahr 2020 wiesen diese in Bezug auf den gewichteten Mittelwert einen Bilanzunterschied von rund 394 Häq/ha*a gegenüber nicht-teilnehmenden konventionellen Betrieben (ohne VKA-Förderung, ohne ÖKO, Spaltenziffer 4) auf. Etwas niedriger war die Humusbilanz bei den Betrieben, die den Ökologischen Landbau mit einer VKA-Förderung kombinierten. Sie konnten netto im Schnitt ca. 351 Häq/ha*a gegenüber den nicht-teilnehmenden Betrieben erzielen. Gegenüber den Ökobetrieben ohne VKA-Förderung zeigten sie einen deutlich höheren Anteil an Körnerleguminosen (siehe Ergebnisse Akzeptanzbericht, Reiter et al., 2024), welche jedoch eine weniger positive Humusreproduktionsleistung aufweisen. Damit ergibt sich eine bessere Humusbilanz als die den teilnehmenden konventionellen Betrieben, bei denen der Anteil an Leguminosen (gesamt) geringer ist.

Vergleichbare Schlüsse können auch aus den Auswertungen eines DiD-Vergleichs der Humusbilanzen in Bezug auf den gewichteten Mittelwert gezogen werden. Betrachtet wurden die VKA-Förderung und der Ökolandbau als DiD-Vergleich der Jahre 2015 und 2020 (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: DiD-Vergleich der Humusbilanzen betrachteter Betriebe 2015 und 2020 (vor und nach Einstieg in die VKA- Förderung), aufgeteilt nach ÖKO- und VKA-Teilnahme



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der InVeKoS-Daten (2015, 2020) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015).

Bei den nicht an der VKA-Förderung teilnehmenden Betrieben (ÖKO und konventionell) ist die Humusbilanz negativ, was auf das Gros der konventionellen Betriebe zurückzuführen ist, die nochmals negativere Humusbilanzen aufweisen. Die Ökobetriebe (mit nur vergleichsweise geringer Betriebsanzahl) hingegen zeigen in beiden Jahren sehr stark positive Bilanzen. Von den an der VKA-Förderung teilnehmenden Betrieben ist im Jahr 2015 die Bilanz positiv, was von den Ökobetrieben ausgeht. Jedoch weisen die Betriebe im Jahr 2020 eine verbesserte Humusbilanz auf. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die konventionellen Betriebe ihre Anbaustruktur umstellten, sodass deren Bilanzen vom Negativen ins Positive wechselten. Die ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit VKA zeigten 2020 zudem auf ihrem bereits hohen Niveau nochmals eine Zunahme der Humusbilanz. Diese Humusbilanzen lagen jedoch unter denen der reinen Ökobetriebe (vgl. auch Tabelle 19).

Mitnahmeeffekte liegen basierend auf den Ergebnissen der Akzeptanzbewertung (Reiter et al., 2024) nicht vor, da die zentralen Förderauflagen Mitnahmen verhindern. In der Förderperiode ab 2023 wird die Förderung nicht mehr als reine AUKM angeboten. Sie ist in der Ökoregelung 2 „Vielfältige Kulturen“ aufgegangen, welche auch wieder mit dem Ökolandbau auf Ackerflächen kombiniert werden kann (GAP-Strategieplan, 2025).

5.4.1.3 Ökolandbau

Der Ökolandbau besteht aus den beiden Teilmaßnahmen 11.1 Ökologischer Landbau – Einführung und 11.2 Ökologischer Landbau – Beibehaltung. Sie konnten bis zum Jahr 2024 jährlich beantragt werden. Der Förderhöchststand wurde in Schleswig-Holstein mit 68.142 ha (siehe Kapitel 3.3) erreicht, womit der ursprünglich gesetzte Zielwert von 57.000 ha deutlich überschritten wurde (MELUND, 2021). Die ökologisch bewirtschaftete Förderfläche umfasste 2020 knapp 9,5 % des im InVeKoS erfassten Grünlandes, 5 % der Dauerkulturfläche und gut 4 % der Ackerfläche in Schleswig-Holstein (Reiter et al., 2024).

Der Ökolandbau ist mit positiven Wirkungen auf die abiotischen und biotischen Schutzgüter verbunden, von denen hier lediglich das Schutzgut Boden betrachtet wird. Er trägt auch zum **Erosionsschutz** bei. Im Gegensatz zur konventionellen Landbewirtschaftung wird meistens mit einer geringeren Pflugtiefe gearbeitet (Honecker et al., 2022). Die Fruchtfolgen weisen einen geringeren Anteil an erosionsfördernden Kulturen, wie Reihenfrüchte und einen höheren Anteil an Kleegras(untersaaten) auf, was das Erosionsrisiko senkt (Honecker et al., 2022; AG Erosionsschutz, 2017; Schmaltz et al., 2023). Es konnten ca. 30 % weniger durchschnittlicher Sedimentaustrag bzw. 0,54 t/ha*a im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung nachgewiesen werden (Seitz et al., 2019). Zudem zeichnet sich der Ökolandbau durch erosionsmindernde Bewirtschaftungsmaßnahmen aus, wie ein hoher

Eintrag bzw. eine hohe Zufuhr organischer Substanz, Mulchbedeckung, diverse Fruchtfolgen mit Klee-Grasmischungen und Luzerne-Grasmischungen, was letztendlich positiv auf den Erosionsschutz wirkt. Zudem weisen ökologisch bewirtschaftete Böden aufgrund des größeren C_{org}-Gehalts eine höhere Aggregatstabilität und Infiltrationsraten auf, welche die Erosion tendenziell verringern. Das alles sorgt dafür, dass auch bei Literatursynopsen der Ökolandbau im Vergleich zum konventionellen Anbau einen geringeren Bodenabtrag zu verzeichnen hat (Haller et al., 2020; Sanders und Heß, 2019).

Bewirtschaftungsmaßnahmen, welche sich neben dem Erosionsschutz auch positiv auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken, wie eine hohe Zufuhr an organischer Substanz/organischer Dünger, diversifizierte Fruchtfolge mit mehrjährigen Leguminosen und ständige Bodenbedeckung, werden im Ökologischen Landbau vergleichsweise häufig angewendet (Tiefenbacher et al., 2021; Haller et al., 2020; Wüstemann et al., 2023). Demnach kann eine große Bodenfruchtbarkeit angenommen werden. Allerdings können diese positiven Effekte durch tiefes oder dauerhaftes Pflügen oder häufiges Überfahren der Flächen, welches sich beides negativ auf die Bodenfruchtbarkeit auswirkt, verringert werden. Insgesamt ergeben Langzeitversuche und Paarvergleiche von ökologischen und konventionellen Betrieben, dass die **organische Bodensubstanz und die C-Speicherung** in der ökologischen Landwirtschaft im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung erhöht ist (Haller et al., 2020; Sanders und Heß, 2019). Im Vergleich mit anderen Praktiken zur Kohlenstoffbindung im Boden wird der Umstellung auf den Ökologischen Landbau ein großes Potenzial von 2.150 kg CO_2-Äq. pro ha und Jahr zugewiesen (EU-KOM, DG Agri, 2024). Bei zwanzigjähriger Laufzeit kann im Ökolandbau bis zu 287 ± 102 kg C/ha*a mehr Kohlenstoff im Oberboden (0 bis 20 cm/30 cm[10]) festgelegt werden (Potenzial) als bei konventioneller Bewirtschaftung (Tiefenbacher et al., 2021). Im Schnitt sind die SOC-Vorräte im Ökolandbau um 1,8 ± 1,44 t C/ha höher als in nicht-ökologischen Bewirtschaftungssystemen (Gattinger et al., 2012). Vor allem für den Oberboden (0 bis 15 cm) konnte festgestellt werden, dass in ökologisch bewirtschafteten Böden der Bodenkohlenstoffgehalt im Gegensatz zur konventionellen Bewirtschaftung leicht erhöht ist (LfL, 2006).

Pflügen wird beim Ökologischen Landbau häufig eingesetzt, um Unkrautregulierung zu betreiben. Allerdings ist damit ein Risiko des SOC-Vorratsverlusts verbunden (Tiefenbacher et al., 2021). Wenn im Ökologischen Landbau eine reduzierte Bodenbearbeitung anstelle des normalen Pflügens praktiziert wird, kann im Schnitt in allen Bodenhorizonten ein Anstieg im C_{org}-Vorrat festgestellt werden (Oberboden 0 bis 10/15 cm: 3,8 t C/ha, Mittelschicht bis 15 bis 30 cm: 1,6 t C/ha, UB 70 bis 100 cm 2,5 t C/ha)(Krauss et al., 2022). Da zur Bodenbearbeitung keine Daten vorliegen, sind keine Analysen vorgenommen worden. Der Ökolandbau zeichnet sich entsprechend der Bedingungen der VO (EG) Nr. 834/2007 bzw. ab dem 01.01.2022 (VO (EU) 2018/848) auch durch eine mehrjährige Fruchtfolge aus inklusive der Integration von Leguminosen und Gründungspflanzen. Vielgliedrige Fruchtfolgen tragen im Gegensatz zu Monokulturen stärker zum Aufbau des SOC-Vorrats bei. Zudem wird das Potenzial zur Kohlenstoffsequestrierung im Oberboden (0 bis 20/30 cm) erhöht, um 216 ± 117 kg C/ha*a im Vergleich zu eingliedrigen Fruchtfolgen (Tiefenbacher et al., 2021). Besonders wirksam sind diverse Fruchtfolgen mit Klee-Grasmischungen und Luzerne-Grasmischungen (Levin et al. 2019 zitiert in: Haller et al., 2020). Zudem ist der Einsatz von organischem Dünger aufgrund des Mineraldüngerverbots (N-, P-, K-Dünger) ein zentraler Punkt im Ökologischen Landbau. Das Einbringen von Stallmist und Kompost trägt unabhängig der Bewirtschaftungsart zum Humusaufbau bei. Im Vergleich zu Ackerland ohne organische Düngung können so langfristig bis zu 22 t C/ha*a in den Boden eingetragen werden (Körschens et al., 2013). Um klimawirksamen Humusaufbau zu erzielen und für die C-Sequestrierung anrechnen zu können, müssen auf den Flächen z. B. eines Betriebs Verlagerungseffekte bzw. Leakage-Effekte ausgeschlossen werden. Das heißt, die Menge an aufgebrachter organischer Substanz muss insgesamt mehr werden, sonst erfolgt nur eine Umverteilung auf den Flächen (Wiesmeier et al., 2020; Wüstemann et al., 2023).

[10] Die Untersuchungen unterscheiden sich in ihren analysierten Oberbodenmächtigkeiten, sodass in den folgenden Absätzen verschiedene Bezugsgrößen und Betrachtungsweisen dargestellt sind.

Quantifizierung der Kohlenstoffspeicherung im Boden

Für den Ökologischen Landbau wurde die vereinfachte Humusbilanz der Fruchtfolge im Vergleich zur Situation ohne Förderung bzw. konventioneller Bewirtschaftung kalkuliert, wie in Kapitel 4.3.4 beschrieben.

Die Ergebnisse unterteilen sich in separate Auswertungen für die Jahre 2015 und 2020 (als Vorher-Nachher- bzw. Mit-Ohne-Vergleich) sowie in Auswertungen als DiD-Vergleich. Bei der Betrachtung der beiden Einzeljahre fällt auf, dass die Summen der vereinfachten Humusbilanzierungen (Spaltenziffer 1) der konventionellen Betriebe negativ und die der ökologischen Betriebe positiv sind (vgl. Tabelle 20). Dasselbe Bild zeigt sich auch bei den Mittelwerten (Spaltenziffern 2 und 3). Die humusmehrende Bewirtschaftungsweise mit stärker positiven Humusbilanzen im Ökologischen Landbau ist klar erkennbar. Zu beachten ist die Anzahl der in den Analysen berücksichtigten Betriebe. Die Anzahl der ökologisch wirtschaftenden Betriebe ist im Vergleich zur Anzahl konventionell wirtschaftender Betriebe deutlich geringer. Dies ist zum einen darin begründet, dass nur ein geringer Teil (Jahr 2020: knapp 5 %) der schleswig-holsteinischen Betriebe ökologisch wirtschaftete. Zum anderen dominierte in den Ökobetrieben Schleswig-Holstein die Grünlandnutzung; viele Ökobetriebe wurden so bei der Analyse der Humusbilanzen des Ackerlandes nicht mit einbezogen (vgl. Bericht von Reiter et al., 2024).

Tabelle 20: Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2015 und 2020, Unterscheidung konventionell und ÖKO

Jahr	Bewirtschaftungsart	Anzahl Betriebe	Ackerfläche	Humusreproduktionsleistung [Häq/ha*a]			
				(1) Summe	(2) Mittelwert	(3) Mittelwert gewichtet	(4) Netto des gewichteten Mittelwertes der Flächen mit ÖKO-Förderung im Vergleich zu konventionellen Flächen
		[n]	[ha]				
2020	konventionell	8.781	649.334	-76.840.604	-118,5	-118,3	
	ÖKO	460	22.787	6.278.923	316,8	275,5	393,9
2015	konventionell	9.631	645.253	-56.591.067	-115,6	-87,7	
	ÖKO	302	19.144	4.443.255	269,6	232,1	319,8

ÖKO = ökologischer Landbau

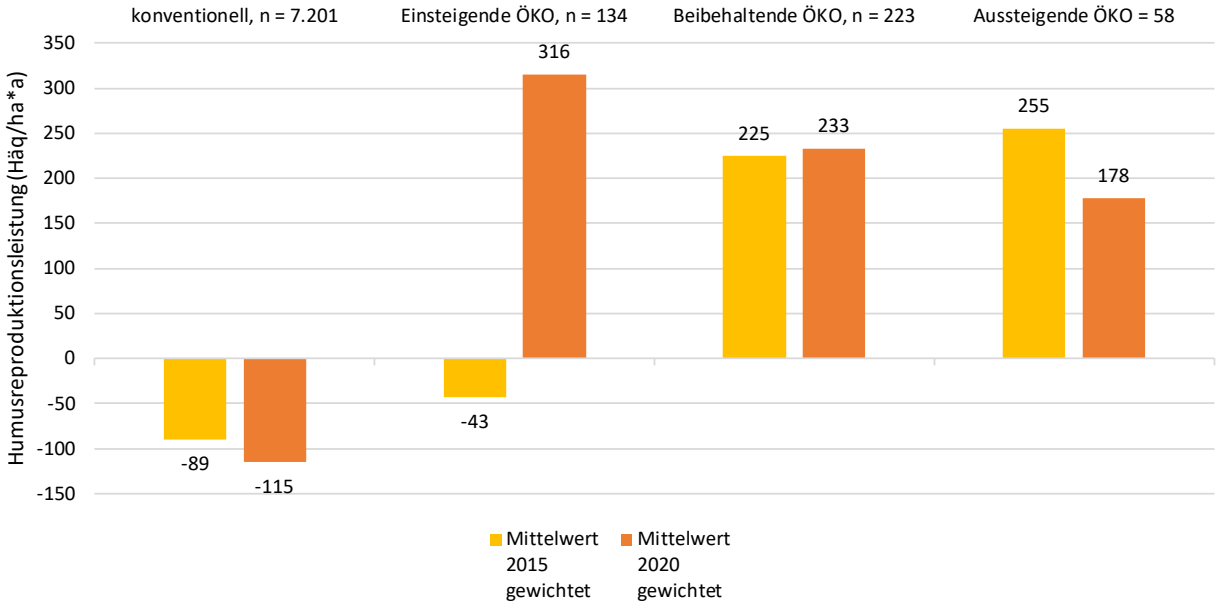
Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2015, 2020) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015). ÖKO = Ökologischer Landbau.

Ökobetriebe arbeiten generell humusmehrender bzw. bauen mehr humusmehrende Kulturen an (siehe dazu nächster Abschnitt zur Auswertung der angebauten Fruchtarten). Im Vergleich zur Situation ohne Förderung (Netto Mittelwert gewichtet, Spaltenziffer 4) ist mit der Ökoförderung ein Eintrag bzw. eine Einsparung von Kohlenstoff von ca. 394 Humusäquivalenten/ha*a im Jahr 2020 verbunden. Unter Berücksichtigung des ÖVF-ZWF-Anbaus im Jahr 2020 ist der Differenzwert etwas geringer (386 Humusäquivalenten/ha*a), was die leichte Überschätzung der Werte (Tabelle 20) zeigt.

Die Humussalden der gewichteten Mittelwerte in den Ökobetrieben sind nach der VDLUFA als „ausgeglichen“ zu bewerten, was bedeutet, dass kein Handlungsbedarf der Betriebe zur Veränderung ihrer Bewirtschaftung (z. B. Anbau anderer Fruchtarten) besteht. Bei den konventionellen Betrieben sind die Bilanzen „niedrig“, was bedeutet, dass dies noch mittelfristig tolerierbar ist, jedoch eine ausgeglichene Bilanz angestrebt werden muss. Sonst wird der Humusabbau durch die Humuszufuhr im Mittel der betrachteten Betriebe nicht ausgeglichen (vgl. Tabelle 3b, VDLUFA, 2014).

Bei der Verknüpfung der InVeKoS-Betriebe von 2015 und 2020, welche dieselbe Betriebsnummer in beiden Jahren hatten, konnten Entwicklungen auf Einzelbetriebsebene betrachtet sowie Vergleiche Mit-Ohne-Vorher-Nachher angestellt werden (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: DiD-Vergleich, vereinfachte Humusbilanzen der Betriebe nach Bewirtschaftungsart für die Jahre 2015 und 2020 mit und ohne Ökoförderung

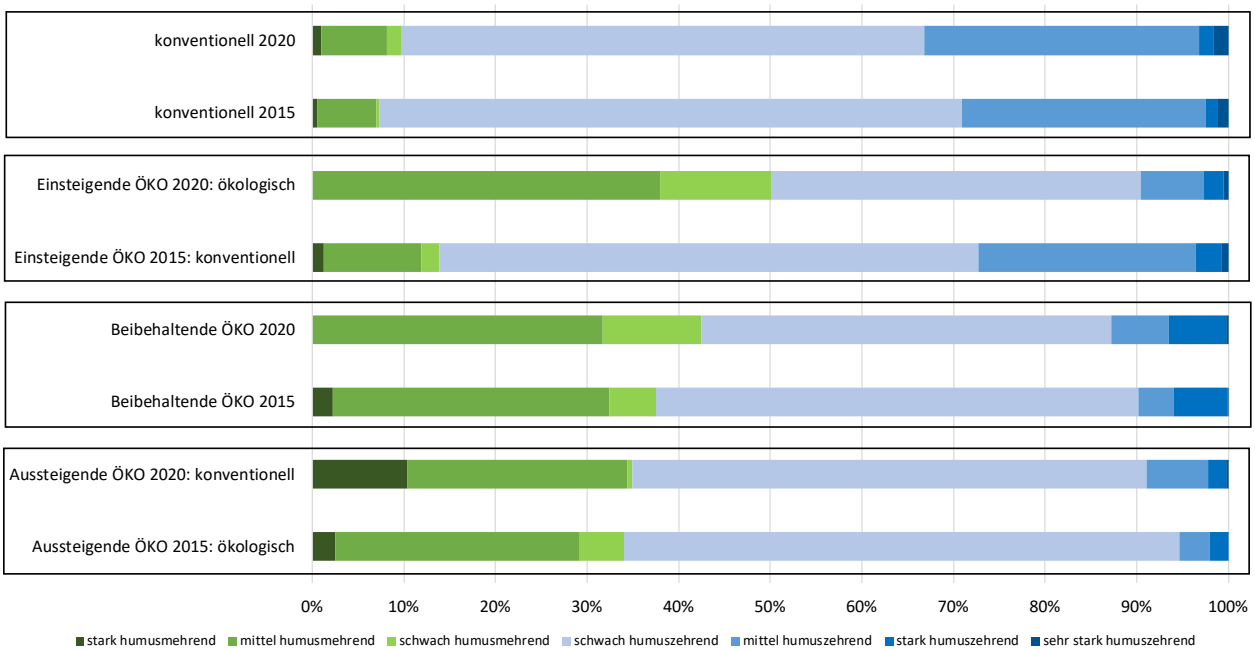


Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2015, 2020) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015).

Die Auswertungen unterstützen die oben dargestellten Ergebnisse der betrachteten Betriebsgruppen. Wie in Tabelle 20 sind die vereinfachten Humusbilanzen bei den konventionellen Betrieben in beiden Jahren negativ. Positiv sind die Humusbilanzen bei den Betrieben, die Ökologischen Landbau betreiben. Besonders deutlich wird das, wenn die einsteigenden Betriebe betrachtet werden. Diese wiesen vor der Förderung (2015) noch negative Bilanzen auf und zeigten unter der Ökoförderung (2020) die besten positiven Bilanzen (auf das Achtfache angestiegen). Dies ist vor allem auf die Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge, den Verbleib der Koppelprodukte auf dem Feld und die damit verbundene humusmehrende Wirkung zurückzuführen. Bei einem Ausstieg (2015 mit Ökoförderung, 2020 ohne Ökoförderung) reduziert sich die Bilanz, sinkt jedoch nicht auf das Niveau der konventionellen Betriebe. Der Anteil der Ackerfläche der Betriebe, die 2020 keine Ökoförderung mehr erhielten (Aussteigenden), ist im Vergleich zu 2015 auf ca. 21 % zurückgegangen. Dies lässt vermuten, dass die Betriebe eventuell 2020 eher an der Grenze der Wirtschaftlichkeit arbeiteten oder in den Nebenerwerb gewechselt sind.

Werden die angebauten Fruchtarten entsprechend ihrer Humusreproduktionsleistung in humusmehrende und humuszehrende Gruppen sortiert (Einteilung im Anhang, vgl. Tabelle A1 und Tabelle A2), zeigt sich ein etwas genaueres Bild, welche Fruchtarten bei den beiden Bewirtschaftungsarten im Fokus standen (vgl. Abbildung 8).

Abbildung 8: Verteilung der Fruchtarten der betrachteten Betriebe 2015 und 2020, aufgeteilt nach Humusgruppen sowie mit und ohne Ökoförderung (Flächenanteile in %)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der InVeKoS-Daten (2015, 2020).

Die konventionellen Betriebe zeichnen sich durch den Anbau größtenteils humuszehrender Kulturen aus (ca. 93 % im Jahr 2015, ca. 90 % im Jahr 2020). Bei den Einsteigenden zeigt sich vor dem Umstieg 2015 ein großer Anteil humuszehrender Fruchtarten. Bei dem Umstieg auf den Ökologischen Landbau wurde der Anteil humuszehrender Gruppen (v. a. der Gruppe schwach und mittel humuszehrend) reduziert. Dazu gehören nach der Einteilung der VDLUFA verschiedene Fruchtarten wie Getreide, Öl- und Faserpflanzen und Mais. Erhöht wurde hingegen der Anbau von schwach und v. a. mittel humusmehrenden Fruchtarten. Dies sind vorwiegend Körnerleguminosen und Ackergras, was den Vorgaben des Ökologischen Landbaus entspricht (s. o.). Somit verschob sich der Wert der vereinfachten Humusbilanzsumme in Richtung humusmehrend. Die beibehaltenden Ökobetriebe wiesen in beiden Jahren ebenfalls einen hohen Anteil humusmehrender Kulturen auf (38 % im Jahr 2015, 42 % im Jahr 2020). Bei den Ökobetrieben, welche aus der Förderung ausstiegen[11], ist der Anteil humusmehrender und -zehrender Kulturen in der Summe ungefähr gleichgeblieben, die Differenz besteht vorwiegend aus einer 2020 größeren Anbaufläche v. a. von stark humusmehrenden und einem geringen Anteil schwach humuszehrender Kulturen. Allerdings sind die Anteile humuszehrender Kulturen (65 %) nicht mit dem Niveau der konventionellen Betriebe 2020 vergleichbar, welche deutliche höhere Anteile (90 %) dieser Kulturen aufwiesen.

5.4.2 Nicht-Flächenmaßnahmen

5.4.2.1 Zielgruppenspezifische Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen

Die Fort- und Weiterbildungsmaßnahme wurde mit sekundären Zielen zum SPB 4C programmiert. Prioritäre Zielsetzung weist die Fördermaßnahme beim SPB 2A (Wettbewerbsfähigkeit in der Landwirtschaft) auf. Eine ausführliche Analyse der Maßnahme erfolgt im Bericht von Eberhardt (2025).

[11] Es gilt zu berücksichtigen, dass bei der Betrachtung eines Einzeljahres die Betriebe als aussteigend gelten, wenn sie in dem Jahr keine Förderung erhalten haben. Die Zwischenjahre wurden nicht ausgewertet.

Ziel der Maßnahme ist auf der einen Seite die Verbesserung der beruflichen Qualifikation, insbesondere durch Verbesserung der betriebswirtschaftlichen Kenntnisse, der Kenntnisse über neue Technologien und Verfahren, der Produktqualität und der umweltbezogenen Methoden und Praktiken (einschließlich Tierschutz). Auf der anderen Seite sollen die persönliche Kompetenz und Motivation der in der Land- und Forstwirtschaft tätigen Personen gestärkt werden. Durch die breit gefächerten Themenbereiche möchte die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LWK SH) als alleiniger Bildungsträger nahezu alle Personenkreise in der Agrarwirtschaft erreichen (Eberhardt, 2025).

Grundsätzlich sind bei Bildungsmaßnahmen lange Wirkungspfade bis zu messbaren Veränderungen am Schutzgut Boden anzunehmen. Von dem Angebot entsprechender Kursinhalte über die Aufnahme der Inhalte durch die Teilnehmenden bis hin zur anschließenden Umsetzung geeigneter Maßnahmen können sie potenziell zu einer positiven Wirkung auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden und den Erosionsschutz führen. Bei den überwiegenden halb- und eintägigen Veranstaltungen ist ein solcher Wirkungspfad grundsätzlich denkbar, allerdings nur bei sehr konkreten, umsetzungsbezogenen Angeboten auch naheliegend. Dementsprechend ist hauptsächlich vor allem von einer allgemeinen Sensibilisierung zum Thema Bodenschutz auszugehen.

Vier Veranstaltungen wurden von der LWK SH zu dem SPB 4C zugeordnet. Das umfasst den „Praxistag Boden“ (2015), „Herausforderung Grünland“ (2018) und das Angebot „Nachhaltigkeit pur. Die Permakultur“ (2020). Zudem wurde 2022 noch die Veranstaltung „Permakultur und biologische Vielfalt im Garten - schön und gesund für Pflanzen, Tiere und Menschen“ angeboten, die sich jedoch auf den Garten bezieht und somit keine Relevanz für dem Ackerbau hat. Im Rahmen der drei relevanten Angebote wurden insgesamt 24 Kursstunden angeboten und 72 Teilnehmende erreicht. Durch ein Screening der Kurstitel konnten auch in anderen SPB verordnete Veranstaltungen mit potenzieller Relevanz für den Bodenschutz ermittelt werden. So vor allem Fortbildungen zum Einstieg oder der Fortführung des Ökologischen Landbaus, aber auch zu den Themen Pflanzenbau, erweiterte Fruchtfolgen oder Düngung. Mit diesen Kursen wurden 410 Teilnehmende erreicht und insgesamt 20,5 Lehrgangstage bzw. 162 Kursstunden angeboten (vgl. Tabelle 21). Dafür wurden rund 65.500 Euro öffentliche Mittel ausgegeben, was 1,9 % der gesamten Mittel für Fort- und Weiterbildung entspricht. Einschränkend muss hierbei jedoch festgestellt werden, dass nur anhand der Kurstitel keine Schlüsse zum tatsächlichen Inhalt der Kurse gemacht werden können und auch andere für den Bodenschutz nicht relevante Aspekte abgedeckt werden könnten. Ein Großteil der Teilnehmenden kam aus Beratungsringen (ca. 60 %), sodass die Kursinhalte über einen weiteren (Beratungs-)Schritt an potenzielle Akteure vermittelt werden müssen.

Tabelle 21: Zusätzliche Indikatoren für die Fort- und Weiterbildung

Indikator im Feinkonzept	Erfassungs-zeitraum	Maßeinheit	Wert
Veranstaltungen, die dem SPB 4C zugeordnet wurden [1)]			
		Kurse (n)	4
		Lehrgangstage (n)	4
		Kursstunden à 45 Minuten (n)	28
		Teilnehmende (n)	73
		… davon aus Beratungsringen	50
	2015 bis 2024		
Veranstaltungen mit Bezug zum Bodenschutz in allen SPB [2)]			
		Kurse (n)	22
		Lehrgangstage (n)	20,5
		Kursstunden à 45 Minuten (n)	162
		Teilnehmende (n)	410
		… davon aus Beratungsringen	249

1) Zuweisung zum SPB 4C durch LWK SH

2) Veranstaltungen mit potenziellem Einfluss (Screening der Kurstitel) auf SPB 4C

Quelle: Eigene Auswertung auf Grundlage der Kurslisten 2015 bis 2023/24

Belange der Kohlenstoffspeicherung und des Erosionsschutzes werden sicherlich auch in anderen Kursen angerissen, stehen aber – soweit auf Grundlage der Kurstitel nachvollziehbar – nicht im Fokus der jeweiligen Kursziele.

Insgesamt kann den Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen eine sehr geringe Wirkung auf den Bodenschutz zugesprochen werden, die sich im Einzelfall lokal positiv auswirken könnte. Durch ohnehin schon sehr lange Wirkungspfade ist der potenzielle Einfluss des Angebotes auf den Bodenschutz jedoch marginal. Entsprechenden Bildungsangeboten kommt eher eine allgemeine Sensibilisierungs- und Bewusstseinsbildungsfunktion zu. Tatsächliche Wirkungen sind i. d. R. nicht zu erfassen, da die Motivation zu einem bodenschützenden Handeln komplex ist und nicht monokausal auf den Besuch einer Bildungsveranstaltung zurückgeführt werden kann. Soweit durch das Maßnahmenscreening nachvollziehbar, sind solche Angebote, die den Bodenschutz thematisieren, allgemein sehr wenig im Fortbildungsprogramm der LWK SH vertreten.

5.4.2.2 Beratung für eine nachhaltige Landwirtschaft

Die Beratung für eine nachhaltige Landwirtschaft, (kurz Beratung Nachhaltigkeit) fördert Beratungsanbieter, die landwirtschaftlichen Betriebe hinsichtlich der Umsetzung von Maßnahmen aus verschiedenen Themenbereichen beratend zur Seite stehen. Die Bewilligungsbehörde hat dafür sieben Beratungsfelder (BF) mit bis zu elf verschiedenen Modulen zu den Themen Klima, Energie, Grünland, Tierwohl, Ökologischer Landbau und integrierter Pflanzenschutz festgelegt. Die Beratungsanbieter konnten sich unter Nachweis ausreichender Kompetenz und Kapazität in zwei Bewilligungszeiträumen (2016-2020 und 2021-2022) auf ein oder mehrere Beratungsfelder bewerben (Eberhardt, 2024a).

Im Rahmen eines Screenings der Beratungsinhalte wurden folgende Einzelmodule[12] für den Bodenschutz als relevant eingestuft:

- Modul 2001: Integrierter Pflanzenschutz in Ackerbaubetrieben (BF 2 IPS Ackerbau)
- Modul 3001: Integrierter Pflanzenschutz in Baumschulen (BF 3 IPS Baum)
- Modul 4002: K-E Pflanzenproduktion (BF 4 Klima- und Energieeffizienzberatung)
- Modul 5001a: Umstellung auf Ökologischen Landbau Entscheidung/Bio-Offensive (BF 5 Beratung zum Ökolandbau)
- Modul 5001b: Umstellung auf Ökologischen Landbau- Umsetzung (BF 5 Beratung zum Ökolandbau)
- Modul 5005: Pflanzenbau im Ökolandbau (BF 5 Beratung zum Ökolandbau).

Im Folgenden werden nur die Wirkungen der Module 2001, 5001a, 5001b und 5005 näher betrachtet. Die Maßnahmen des Moduls 3001 (u. a. Fruchtfolgeänderung und Gewässerschutzstreifen) wirken sich auch positiv auf den Bodenschutz aus, beziehen sich jedoch nicht auf die Ackerflächen, sondern den Pflanzenschutz in Baumschulen und werden daher außer Acht gelassen. Das Modul 4002 wirkt sich beispielsweise durch die Beratungsinhalte „pflanzenbauliche Produktionssysteme durch die Bodennutzung hinsichtlich der Freisetzung von THG-relevanten Gasen in dem Bereich Bodennutzung“ ebenfalls auf den Boden aus, hat seinen Schwerpunkt allerdings hauptsächlich in den SPB 5B und 5D und wird daher an dieser Stelle nicht weiter bewertet (Eberhardt, 2024a).

Das Modul 2001 Integrierter Pflanzenschutz in Ackerbaubetrieben berät im Rahmen weiterer untergeordneter Schwerpunkte unter anderem hinsichtlich der Fruchtfolgeänderung und des Anbaus von Kulturpflanzen und bietet somit Potenzial für den Wirkungspfad Kohlenstoffspeicherung im Boden über den Wirkungsfaktor Anbau humusmehrender Kulturen. Die weitere Analyse bezieht sich deshalb auf den Schwerpunkt 3 der Beratung zum

[12] Die folgenden Nummern geben die Einzelmodule wieder, welche innerhalb der jeweiligen sieben Beratungsfelder gefördert wurden. Beispielsweise gehört zum Beratungsfeld 2 Integrierter Pflanzenschutz Ackerbau das Einzelmodul 2001.

IPS Ackerbau, da dieser die beiden vorher genannten Themen behandelt. Das Beratungsmodul 5001a richtet sich an konventionell wirtschaftende Betriebe, die über einen Umstieg auf den Ökolandbau nachdenken und mit einer betriebsbezogenen Stärken-Schwächen-Analyse die Möglichkeiten aufgezeigt bekommen. Im Anschluss daran erfolgt das Aufstellen eines konkreten Umstellungskonzeptes und eine halbjährige Betriebsbegleitung über das Modul 5001b. Das Angebot im Kontext des Moduls 5005 Pflanzenbau im Ökolandbau umfasst die Beratung zur standortangepassten Anbau-, Fruchtfolge- und Bodenpflegestrategie, zur Sortenwahl, dem ökologischen Pflanzenschutz und die Dünge- und Nährstoffberatung (ÖKORING, 2022) und hat somit potenzielle Auswirkungen auf die Wirkungspfade Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden.

Betrachtungsgegenstand waren die Beratungsdaten des Zeitraums vom 1. Januar 2016 bis zum 30. April 2022. Kombiniert wurden diese mit den InVeKoS-Daten für die AUKM mit C_{org}-Bezug (Vielfältige Kulturen und Winterbegrünung) und die Daten für den Ökologischen Landbau. Diese Daten reichten bis einschließlich 2023, um den Beratungseffekt des Jahres 2022 mit abbilden zu können. Es wird davon ausgegangen, dass eine Beratung bis Ende April (Stichtag 30. April) noch ausreichend ist, um eine Förderung für das Folgejahr zu beantragen (Frist Mitte Mai). Im Folgejahr erfolgt dann die Umsetzung der beantragten Maßnahme(n). Insgesamt wurden im Zeitraum vom 1. Januar 2016 bis 30. April 2022 rund 1.340 Beratungen zu den betrachteten bodenbezogenen Modulen (2001, 5001a, 5001b, 5005) durchgeführt. So wurden insgesamt 3.264 Beratungsstunden mit ca. 600.000 Euro Zuwendungen finanziert. Damit wurden 292 Betriebe erreicht, von denen ein Großteil in dem Zeitraum mehr als eine Beratung erhielt. Dabei gab es verschiedene Kombinationsmöglichkeiten: Beratungen zu mehreren bodenbezogenen Themen, mehrmals zu einem Thema oder eine Kombination von beidem.

Die Beratung zum Schwerpunkt 3 des Moduls 2001 IPS Ackerbau wurde 357-mal in Anspruch genommen. (entspricht 9 % der gesamten Beratungen und 98,9 % der Beratungen im BF 2), wobei bei fast alle Beratungen mehr als einen Schwerpunkt, meistens sogar mehr als vier, abdeckten. Die meisten Beratungen wurden im Zeitraum vom 1. Mai 2017 bis 30. April 2018 durchgeführt. Von der weiteren Wirkungsbetrachtung wird abgesehen, da die Wirkungsketten für eine Teilnahme an den relevanten AUKM sehr lang sind. Da die IPS Ackerbauförderung erst ab 2016 begann und ein Antrag auf die Förderung von Winterbegrünung und Vielfältige Kulturen nur noch 2016 möglich war (und auch nicht genutzt wurde, Ergebnisse nicht dargestellt), erfolgte keine weitere Auswertung. Dem Bericht der Beratungsanbieter des Moduls ist zu entnehmen, dass die beratenden Betriebe ein besonderes Interesse am alternativen und effizienten standortangepassten Bodenbearbeitungsverfahren sowie Anpassungen in der Fruchtfolge und den Anbausystemen zeigten (Karstens, 2021). Diese Themen sind für die bodenschutzrelevanten Wirkungsfaktoren sehr wichtig und beinhalten ein positives Wirkpotenzial zur Umsetzung bodenfreundlicher Bewirtschaftungsweisen.

Zu den Modulen 5001a und 5001b Umstellung auf Ökolandbau wurden 401 Beratungen (entspricht 10,3 % der gesamten Beratungen und 8 % der Beratungen im BF 5) durchgeführt. Damit wurden nach Angaben der Projektlisten der Beratungsanbieter 96 Betriebe erreicht (Projektlisten der Beratungsanbieter und Eberhardt (2024a)). Die meisten Beratungen (106) innerhalb des Moduls wurden im Zeitraum vom 1. Mai 2020 bis 30. April 2021 durchgeführt. Um den Mehrwert der Beratungen für die bodenbezogenen Bewertungskriterien abzuschätzen, wurden die Betriebe näher betrachtet (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22: Inanspruchnahme der Ökolandbauförderung nach der Beratung zum Modul 5001

Beratungs-zeitraum		Betriebe mit Beratungen Modul 5001a oder 5001b	Veränderungen der geförderten Ökolandbaufläche (ÖKO) auf den Betrieben bis 2022 im Vergleich zum jeweiligen Beratungszeitraum					
			durchgehend ohne ÖKO	Neuaufnahme ÖKO	Aufgabe ÖKO	Zunahme ÖKO	Abnahme ÖKO	Gleichbleibend
			Anzahl der Betriebe [n]					
01/16-04/16		38	24	2	2	8	1	1
05/16-04/17		16	12	4	0	0	0	0
05/17-04/18		25	15	10	0	0	0	0
05/18-04/19		39	26	12	1	0	0	0
05/19-04/20		47	31	15	1	0	0	0
05/20-04/21		50	37	13	0	0	0	0
05/21-04/22		23	17	6	0	0	0	0
Gesamt	**[n]**	**238**	**162**	**62**	**4**	**8**	**1**	**1**
Anteil	**[%]**		**68,1**	**26,1**	**1,7**	**3,4**	**0,4**	**0,4**
Zum Vergleich alle Betriebe in Schleswig-Holstein im Zeitraum 2017 bis 2022								
Anzahl	[n]	14.934	14.085	388	26	247	187	1
Anteil	[%]		94,3	2,6	0,2	1,7	1,3	0,0

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Informationen von Projektlisten der Beratungsanbieter und den InVeKoS-Daten 2007 bis 2023.

Von den 238 Betrieben erhielten 127 Betriebe mehrere Beratungen, die für eine Flächenanalyse herangezogen werden könnten, sodass keine Doppelzählungen stattfanden. Bei den aussteigenden Betrieben (Aufgabe ÖKO) wurden die Betriebe betrachtet, welche gegenüber 2017 sowohl 2022 als auch 2023 keine Ökoförderung mehr erhielten, bei unveränderter Betriebsnummer. Das Beratungsmodul 5001a konnte pro Betrieb nur einmal in Anspruch genommen werden. Nach Auswertungen der verknüpften Daten konnte herausgearbeitet werden, dass ca. 26 % der Betriebe nach mindestens einer 5001-Beratung neu in den Ökolandbau in den Jahren bis 2022 eingestiegen sind. Diese Zahl liegt deutlich unter den Schätzungen des Beratungsanbieters ÖKORING, wonach über 80 % der beratenden Bertriebe im gesamten Förderzeitraum auf Ökolandbau umgestellt haben (Eberhardt, 2024a). Der Anteil an Betrieben, der eine Zunahme der geförderten Ökolandbaufläche verzeichnet, ist bei den beratenen Betrieben doppelt so hoch wie bei den Vergleichsbetrieben. Bei allen Betrieben (Vergleich) hat über die Jahre sowohl die Anzahl an ÖKO-geförderten Betrieben als auch deren Ökofläche um 77,8 % zugenommen, was die deutliche Steigerung des Ökolandbaus nochmals zeigt. Abschließend kann geschlussfolgert werden, dass die mit dem Modul 5001 beratenen Betriebe deutlich stärker Ökolandbau umsetzten als alle Betriebe die zum Vergleich hinzugezogen wurden.

Zum Modul 5005 Pflanzenbau im Ökolandbau wurden 581 Beratungen (entspricht 14,9 % der gesamten Beratungen und 11,7 % der Beratungen im BF 5) durchgeführt. Damit wurden 67 Betriebe erreicht (Projektlisten der Beratungsanbieter und Eberhardt (2024a)). Die meisten Beratungen (154) innerhalb des Moduls wurden ebenfalls im Zeitraum vom 1. Mai 2020 bis 30. April 2021 durchgeführt, wodurch letztendlich 36 Betriebe erreicht wurden. Um den Mehrwert der Beratungen für die bodenbezogenen Bewertungskriterien abzuschätzen, wurden diese Betriebe näher betrachtet. Von den 36 Betrieben erhielten alle mehrere Beratungen, die bei der Flächenanalyse berücksichtigt wurden, sodass keine Doppelzählungen stattfanden. Sowohl die Anzahl der Betriebe mit Ökoförderung als auch die bewirtschaftete Fläche veränderten sich trotz Beratungsmaßnahmen nur minimal, wie der Vergleich der geförderten Flächen ergab (Ergebnisse nicht dargestellt). Das zeigt, dass die Teilnahme an der Beratung nicht zwingend ein Indiz dafür ist, dass die Betriebe ihre ökologisch bewirtschafteten Flächen vergrößern. Vielmehr sind beim Ökolandbau generell auch betriebliche Nachfolge, die Verbesserung von Arbeitsabläufen, betriebswirtschaftliche Aspekte oder die qualitative Verbesserung der Bewirtschaftung

Schwerpunkte der Beratung, die sich dementsprechend nicht quantitativ in der Fläche widerspiegeln (ÖKORING, 2022). Demzufolge kann für das beratungsstärkste Jahr des betrachteten bodenschutzrelevanten Beratungsmoduls 5005 nur bestätigt werden, dass die Teilnahme zu einer leicht erhöhten Ökoförderfläche in den Folgejahren geführt hat, die jedoch unter dem allgemeinen Trend lag.

Von den Beratungen ist generell ein Beitrag zur Wissenssteigerung anzunehmen sowie einer Sensibilisierung der teilnehmenden Personen zu den behandelten Themen. Beim Beratungsmodul 2001 konnten keine signifikanten Flächenänderungen mit der Beratung im Vergleich zu den Betrieben ohne Beratung herausgearbeitet werden. Zum Beratungsmodul 5001a gilt es noch einschränkend festzuhalten, dass die Betriebe sich aktiv bei der Beratung anmelden müssen und somit schon im Vorfeld dem Ökolandbau gegenüber positiv eingestellt waren bzw. eine Umstellung in Betracht ziehen. Zum Modul 5005 ist zudem bei den Beratungen zur Aussagekraft der Wirkung auch zu bedenken, dass fast alle Betriebe bereits vor der Beratung Ökolandbau betrieben und somit kein „Einstiegseffekt“ durch die Beratung abgebildet werden kann.
Des Weiteren gilt es zu beachten, dass eine Beratung auch nicht die einzige Grundlage zur Entscheidung der Teilnahme oder Nichtteilnahme an einer AUKM und/oder dem Ökologischen Landbau darstellt, sondern auch die betriebswirtschaftliche Situation und die private/individuelle Einstellung eine Rolle spielen. Auch gibt es bei diesem Vergleich keine echte Ohne-Gruppe, da der Großteil zuvor schon eine Beratung, unter anderem auch außerhalb der Beratung für Nachhaltigkeit, in Anspruch nimmt. In Schleswig-Holstein gibt es zusätzlich noch Angebote wie das Netzwerk Ökolandbau Schleswig-Holstein oder die Veranstaltungsreihe Perspektiven für den Ökolandbau[13]. Dies lässt vermuten, dass eine Beratung nahezu kontinuierlich erfolgte und die Einzelberatung einen deutlich geringeren Stellenwert einnahm.

Die Wirkung ist demzufolge als gering positiv (im Hinblick auf alle bodenschutzrelevanten Wirkungspfade) einzustufen.

5.4.2.3 Gewässerschutzberatung

Für das folgende Kapitel werden die beiden Evaluationsberichte von dem Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut (2021)[14] und von Reiter (2020) herangezogen. Bei der Gewässerschutzberatung handelt es sich um kostenlose Beratungsangebote für landwirtschaftliche und gärtnerische Betriebe. Das Angebot richtet sich an Betriebe, deren Flächen zumindest anteilig innerhalb der nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ausgewiesenen Gebietskulisse der Grund- oder Oberflächenkörper im schlechten chemischen Zustand oder in Trinkwasserschutzgebieten liegen. In der Förderperiode bis 2022 wurden Beratungen in maximal 14 Beratungsgebieten von fünf Beratungsträgern angeboten (Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut, 2021; Landesportal Schleswig-Holstein, 2024).

Die Beratungsmodule sind in drei Modulgruppen unterteilt. Modulgruppe 1 beinhaltet die einzelbetrieblichen Beratungen, während Modulgruppe 2 themenspezifische Beratung und Modulgruppe 3 Gruppenberatungen enthält. Der Bericht von Raue (2026: S. 27, Tabelle 6) gibt einen Überblick der durchgeführten Beratungen von 2015 bis 2022 aufgeteilt nach Modulen. Die Vielfalt an Beratungsinhalten wird dort deutlich, von Einsteigerberatung, über Intensivberatung (beides Beispiel der Modulgruppe 1), über Beratungen zu verschiedenen Kulturen/Kulturgruppen und Gewässerrandstreifen (Beispiele der Modulgruppe 2) bis hin zu Beratungen durch Feldbegehungen und Rundbriefe (Beispiele Modulgruppe 3). Die Beratung der fachthemenspezifischen Module erfolgt immer in Verbindung mit einer Beratung aus der Modulgruppe 1 (Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut, 2021). Im Jahr 2020 erfolgte eine erneute Ausschreibung, in dem Zuge wurden auch neue Module eingeführt (Landesportal Schleswig-Holstein, 2024). Bis

[13] Übersicht auf der Seite des MELUND https://www.schleswig-holstein.de/DE/Themen/O/oekologischerlandbau.html

[14] Der Bericht evaluiert die Wasserschutzgebietsberatung, die Gewässerschutzberatung und die Beratung Nachhaltige Landwirtschaft in SH, u. a. auch mit Interviews mit Förderreferaten und Online-Umfragen von Landwirt:innen.

zum Ende der Förderperiode nutzten 3.060 Betriebe die Maßnahme, wodurch das Ziel mit 153 % erreicht wurde (Vgl. Tabelle 12).

81 % der Beratungsinhalte sind sowohl für den Ackerbau als auch das Grünland relevant. 52 % aller Themen beschäftigten sich mit der Optimierung des Düngeeinsatzes, wobei 75 % davon die N-Düngung fokussierten. Die Schwerpunkte der Beratung liegen zu 17 % bei ackerbaulichen Inhalten, obwohl die landwirtschaftlich genutzte Grünlandfläche 33 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Schleswig-Holsteins ausmacht (Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut, 2021). Viele Beratungsmodule weisen Überschneidungen im Bereich Verringerung von Nährstoffausträgen, dem Themenkomplex Zwischenfruchtanbau, Winterbegrünung, Untersaaten, Dauerbegrünung und organische Düngung auf. Eine Onlineumfrage der Landwirt:innen hat ergeben, dass im Laufe der Förderperiode eine Verschiebung der Interessenschwerpunkte zu mehr Modulen mit den Inhalten Bodengesundheit, erweiterte Fruchtfolgen und Zwischenfrüchte bestand. Dies beruht auf der vermehrten Beschäftigung der Praktiker:innen mit der Thematik Boden (Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut, 2021).

Das häufigste nachgefragte Modul ist im Bereich der Modulgruppe 2 die Beratung zu Mais/Hackfrucht, gefolgt von der Beratung zu organischen Nährstoffträgern. Sie tragen zum Bodenschutz bei, wenn die Empfehlungen umgesetzt werden und zum Beispiel die Fruchtfolge in erosionsgefährdeten Gebieten so umgebaut wird, dass der Anteil an Ackerkulturen mit einer geringeren Bodenbedeckung reduziert wird und/oder Uferrandstreifen zur Verringerung des Nährstoffaustrags etabliert werden (erhöhte Bodenbedeckung). Für die Bodenschutzwirkung direkt relevant ist in der themenspezifischen Beratung das Modul 2.11 Bodenerosionsschutzberatung für Seen, was mit 165 Beratungen bis 2022 nur einen kleinen Teil (1,2 %) der Beratungen in der Modulgruppe 2 darstellte (Raue, 2026). Darüber hinaus wird der Bodenerosionsschutz auch indirekt über die erhöhte Bodenbedeckung in anderen Beratungsmodulen mit berücksichtigt. Eine Vorlage der ABAG wurde als Grundlagendokument für die Teilnahme an der Beratung gefordert, was die sinnvolle Verknüpfung mit dem Erosionsschutz verdeutlicht. Des Weiteren thematisieren die Rundbriefe (Teil des Modulgruppe 3) im Bereich Ackerbau die reduzierte Bodenbearbeitung und Erweiterung der Fruchtfolgenanpassung sowie Erosion (Wasser- und v. a. Winderosion). Im Mittel über die drei Modulgruppen weisen 64 % bzw. 67 % der Beratungsinhalte einen Bezug zum Schutzgut Boden auf, basierend auf Befragungsergebnissen (Ingenieurbüro Schnittstelle Boden und Ecologic Institut, 2021). Das ab dem Jahr 2021 angebotene Modul 2.6 Bodenschutzberatung lässt ebenfalls weitere positive Wirkungen für den Bodenschutz vermuten, da alle zentralen Wirkungsfaktoren des Erosionsschutzes als Ziel des Beratungsmoduls formuliert und mit dem Fokus auf Gewässerschutz beraten werden (MEKUN, 2024a).

Das Beratungsmodul Bodenerosionsschutzberatung für Seen dient der Vermeidung von Phosphor- und Stickstoffeinträgen in Seen. Der Fokus liegt hierbei bei Strategien zur Stabilisierung der Bodenstruktur, Verhinderung von **Bodenerosion** und Schaffung von Uferrandstreifen, die als Puffer vor Stoffeintrag dienen sollen. Da die Bodenerosionsschutzberatung nur auf einen Teil Schleswig-Holsteins angewendet werden kann, in der Kulisse WRRL-N und P-Kulisse, liegt die Anzahl der angebotenen Module mit 147 bei 2,6 % der gesamten Module (5.583) der Modellgruppe 2 (Reiter, 2020). Uferrandstreifen als dauerhaft bewachsene Flächen sorgen für eine Erhöhung der Bodenbedeckung. Aufgrund der erhöhten Rauigkeit der Bodenoberfläche und der daraus folgenden verminderten Fließgeschwindigkeit kann der Regen seine erosive Kraft nicht entfalten und somit wird das Risiko des oberflächigen Bodenabflusses und des Stoffeintrages in Gewässer reduziert (Honecker et al., 2022). Im Rahmen der Beratungen wurden auch Empfehlungen zur Verbreiterung der bestehenden Uferrandstreifen auf Ackerflächen an Gewässern vorgenommen. Die Empfehlungen entsprechen einer Fläche von 3,1 ha Uferrandstreifen[15]. Dies stellt allerdings nur ein Potenzial zum Erosionsschutz dar, weil keine Daten dazu vorliegen, ob eine Umwandlung auf die jeweils empfohlene Breite tatsächlich vorgenommen wurde. Zudem ist die Fläche sehr gering (Daten der Gewässerschutzberatung-Intensivberatung, Modulgruppe 1).

[15] Für zwei Jahre der Beratungen (2021, 2022). Unter Berücksichtigung eines weiteren Betriebes, welcher eine Empfehlung einer Verbreiterung auf 163 m erhielt, erhöht sich die Fläche auf 6,8 ha. Dabei könnte es sich um eine Empfehlung der Umwandlung der gesamten angrenzenden Ackerfläche handeln.

Im Vergleich mit anderen Landnutzungsänderungen und Maßnahmen ist für den **Kohlenstoffeintrag in den Boden** die dauerhafte Umwandlung von Ackerland in Grünland am effektivsten, (Lugato et al., 2014), was bei den Uferrandstreifen im Rahmen der Bodenerosionsschutzberatung an Seen zum Tragen kommt. Bei der Umwandlung in Dauergrünland ist langfristig von einem Kohlenstoffaufbau auszugehen, d. h. es handelt sich um klimawirksamen Kohlenstoffaufbau (Wüstemann et al., 2023; Poeplau et al., 2011). Zudem sorgt eine Erhöhung des organischen Kohlenstoffs im Oberboden für eine erhöhte Aggregatstabilität, was wiederum die Anfälligkeit gegenüber Erosion verringert (Brown et al., 2021).

Als weiterer positiver Aspekt aus Bodenschutzsicht ist hervorzuheben, dass basierend auf Befragungen der Berater:innen, vereinzelt die AUKM der Blüh- und Pufferstreifen im Rahmen der Beratungen empfohlen werden (was wiederum die bodenschutzrelevanten Wirkungsfaktoren adressieren) (Reiter, 2020).

Somit trägt die Maßnahme zu einem geringen Teil zum Wassererosionsschutz und zur Kohlenstoffspeicherung im Boden bei. Mitnahmeeffekte kommen bei der Beratung nicht zum Tragen, da es sich um ein öffentliches Gut bzw. eine gewünschte Richtung handelt.

5.4.2.4 Europäische Innovationspartnerschaften „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-Agri)

Für die Teilmaßnahme EIP-Agri gab es in der Förderperiode bis 2022 drei Calls mit 34 geförderten Vorhaben (Eberhardt, 2024b), für die auch ein ausführlicher Bewertungsbericht von Eberhardt (2024b) vorliegt. Die Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS) als bundesweiter Informations- und Ansprechpartner für EIP-Agri-Projekte hat die 34 EIP-Agri-Vorhaben Schleswig-Holsteins thematisch klassifiziert (DVS, 2024). Dabei sind für den Bodenschutz aus den aufgeführten Themenbereichen mehrere relevant: Ackerbau (5 Projekte), Boden-/Wasserschutz (13 Projekte), Bodenfruchtbarkeit und N-Effizienz (7 Projekte), Leguminosen (3 Projekte), Gehölze/Sträucher (2 Projekte), wobei Mehrfachzuweisungen möglich waren. Von diesen wurden durch ein Screening der Abschlussberichte und/oder Merkblätter acht EIP-Agri-Vorhaben identifiziert, die einen engen oder weiteren Bezug zu den konkreten Bewertungskriterien (Wassererosionsschutz, Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden, vereinfachte Bodenbewirtschaftung) aufwiesen (vgl. Tabelle 23).

Tabelle 23: Merkmale der ausgewählten bodenschutzrelevanten EIP-Agri-Vorhaben

Call	Vorhabens-nummer	Vorhaben / Projekttitel	Kurztitel	Wirkungsart	Bodenbezogene Wirkungspfade
1	2	Innovative Technik im Ackerbau	Innovative Technik	(x)	Durch Versuche verschiedener innovativer Bodenbearbeitungstechniken in Kombination mit organischer und mineralischer Düngung soll die Stickstoffausnutzung optimiert werden. Dadurch werden unter anderem Grundwasser geschützt, Böden vor Wasser- und Winderosion geschützt und die THG-Bilanz im Ackerbau verbessert.
	3	N-Effizienzsteigerung im Ackerbau	N-Effizienz	(x)	Identifikation und Demonstration von Maßnahmen zur Reduktion von Nährstoffausträgen durch innovative Fruchtfolge- und Düngekonzepte. Durch die Entwicklung von Handlungsempfehlungen für Schleswig-Holstein können durch Zwischenfruchtaufwüchse N-Vorräte über die auswaschungsgefährdeten Wintermonate konserviert werden.
	5	Nachhaltige Steigerung der Ertragsleistung im ökologischen Marktfruchtbau durch betriebsindividuell optimierten Zwischenfruchtanbau	Zwischenfruchtanbau im ökol. Marktfruchtbau	x	Betriebsspezifische Strategien zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit im ökologischen Marktfruchtbau. Durch die Bewertung des Potentials unterschiedlicher Zwischenfrüchte und -anbaustrategien im Vergleich, bzw. in Wechselwirkung mit verschiedenen Standortgegebenheiten in Bezug auf Erhalt und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit.
	8	Innovation Kompostsysteme für mehr Bodenfruchtbarkeit	Kompostsysteme	x	Durch Kompostierung wird die Bodenfruchtbarkeit gesteigert und die Bodenstruktur verbessert. Die Entstehung von Huminsäuren sorgt für die Bildung von Humus, wodurch CO_2 gespeichert und Nährstoffe besser genutzt werden können.
	17	System zum optimierten Düngemanagement im Acker- Futter- und Gemüseanbau an Schleswig-Holsteins Westküste- Förderung der Effizienz und Nachhaltig	Düngemanagement	(x)	Mithilfe von zielgerichteten Bodenuntersuchungen kann ein Düngemanagement etabliert werden, welches bessere Kenntnis über die Nährstoffversorgung, termingerechtere Ausbringung, Standortansprüche und -gegebenheiten, sowie Bodenverhältnisse liefert. Durch die Erfassung der Ist-Werte und fundiertem Wissen über den Boden kann eine bodenschonenede Bewirtschftung gefördert und eine bedarfsgerechte und nachhaltige Düngung sichergestellt werden.
	18	Entwicklung einer innovativen, nicht-invasiven Messmethode zur Bestimmung des Ertragspotenzials von Knicks und KUP in der Landwirtschaft	Biomassenutzung	(x)	Knicks in der Agrarlandschaft bieten einerseits einen Schutz der landwirtschaftlichen Flächen vor Erosion und einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität, andererseits liefern diese auch Biomasse, die zur Holzproduktion beiträgt. Um den Holzertrag von Knicks zu messen wurden mithilfe eines Multicopter ein Verfahren zur Ertragsabschätzung entwickelt. Gleichzeitig wurde auch der Naturschutzwert ermittelt. Wenn die Biomassenutzung von Hecken in Form von Pflegeschnitten etabliert wird, dann steigt die Akzeptanz der Pflanzung, da neben dem Naturschutz die Hecken noch einen monetären Beitrag abwerfen.
2	27	OnFarm Wetter	OnFarm	(x)	Durch die Entwicklung eines Online-Instruments zur Erfassung lokaler Wetterdaten erhalten Landwirt:innen die Möglichkeit ihre Entscheidungen auf der Grundlage von lokalen Witterungsdaten zu treffen. Außerdem werden auch abgeleitete Größen zum Bodenwasserhaushalt, wie die potentielle Evapotranspiration unter Gras nach FAO-Standard bereitgestellt. Mithilfe von genauen Witterungsdaten kann die schlagspezifische Situation charakterisiert werden und eine standortangepasste Bewirtschaftung erfolgen, die somit bodenschonender erfolgt.
	36	Die Bodenbox	BodenBox	x	Durch die BodenBox wird Nutzer:innen aus Landwirtschaft und Beratung die Möglichkeit geboten, Kenntnisse über den Boden und dessen komlexe Vorgänge in verständlicher und praxisrelevanter Form zu erhalten. Praktiker:innen werden angeleitet mithilfe der notwendigen Instrumentarien Bodeneigenschaften selbstständig einzuschätzen.

x = direkte Wirkungspfade, (x) = indirekte oder längere Wirkungspfade

Quelle: Eigene Darstellung mit Angaben von der Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS, 2024) sowie den Projektmerkblättern und Abschlussberichten.

Inhaltlich haben die Vorhaben sowohl direkte als auch längere bodenspezifische Wirkungsketten. Drei Vorhaben haben einen direkten Wirkungspfad auf den Bodenschutz. Thematisch haben die Vorhaben Anknüpfungspunkte an die Bodengesundheit durch eine effizientere organische Düngung, innovative Bodenbearbeitungstechniken, optimierten Zwischenfruchtanbau, Kompostsysteme, Hecken, lokalere Wetterdaten und Praxisboxen zur Aneignung von Wissen über die eigenen Bodeneigenschaften. Dadurch werden der Stickstoff besser genutzt und vor Auswaschung geschützt, der Boden bedeckt und auch vor Erosion geschützt sowie der Humusaufbau und die Kohlenstoffspeicherung gefördert. Für die acht aufgeführten wurde ca. 2,45 Mio. Euro öffentliche Mittel ausgezahlt (Stand 02/2024). Alle Vorhaben sind bereits abgeschlossen (DVS, 2024).

Die Projekte haben ihre geplanten Ziele erreichen können und es konnten Erkenntnisse und Erfolge verzeichnet werden. Die im Rahmen des Projekts „Innovative Technik im Ackerbau“ genutzte Saattechnik zur Vereinzelung ist inzwischen als Serienprodukt auf dem Markt erhältlich. Auch serienreife Kombinationsmaschinen sind erhältlich. Das Vorhaben „N-Effizienzsteigerung im Ackerbau“ hat die Erkenntnisse gewonnen, dass eine N-Konservierung im Zwischenfruchtanbau über den Winter möglich ist, aber die direkte Umsetzung von verschiedensten Faktoren abhängig ist. Einige Projektergebnisse konnten übernommen werden, um Betriebe nachhaltiger zu führen. Bei dem Projekt „Nährstoffmanagement und Ertragssteigerung im ökologischen Marktfruchtbau“ konnten Erkenntnisse über Vor- und Nachteile verschiedener Zwischenfruchtstrategien gewonnen werden. In Bezug zu den verschärften Gesetzesauflagen ab 2018/2019 kamen die Ergebnisse zur rechten Zeit und werden von ökologischen und konventionell wirtschaftenden Betrieben nachgefragt. Bei dem Vorhaben „Innovation Kompostsysteme Bodenfruchtbarkeit“ wurden Orientierungswerte für betriebseigene Kompostierungen und Handlungsempfehlungen für die Praxis entwickelt. Außerdem hervorzuheben ist, dass sich bereits während der Projektdurchführung andere Betriebsleitende nach den Projektergebnissen erkundigt haben, sodass ein E-Mailverteiler eingerichtet wurde. Im Projekt „Düngemanagement“ haben die Ergebnisse gezeigt, dass die Standortvariabilität, die oft sehr kleinräumig ist, von grundlegender Bedeutung für die Effizienz der Nährstoffausnutzung ist. Dabei sind zielgerichtete Bodenuntersuchungen unverzichtbar. Bei dem Vorhaben „Nachhaltige Biomassenutzung“ gibt es aktuell noch keine konkrete Verwertung der Ergebnisse. Bislang gibt es nur eine Schätzformel. In welcher Form das Vorhaben zu einer höheren Akzeptanz von Hecken und somit zu einem nachhaltigen Erosions- und Kohlenstoffspeicher führt, ist aktuell noch nicht abzusehen. Das „OnFarm Wetter“-Projekt hat überregional großes Interesse geweckt, da die Daten insbesondere im Bereich Precision Farming zur Verbesserung der Datenbasis beitragen. Durch OnFarm Wetter können Pflanzenschutz- und Düngemittel noch effizienter eingesetzt werden. Die „BodenBox“ bietet eine umfangreiche Weiter- und Fortbildungsmöglichkeit im Abonnementformat für Landwirt:innen, um sich bodenkundlich auf dem eigenen Betrieb weiterzubilden. Durch die EIP-Agri-Förderung konnte ein Produkt entwickelt werden, welches sich nun auf dem Markt etablieren kann (Eberhardt, 2024b).

Die Wirkung der EIP-Agri ist als gering positiv einzustufen. Acht der 34 Vorhaben setzen an bodenschutzrelevanten Themen an. Die Vorhaben können langfristig einen Beitrag zu einem verbesserten Bodenschutz leisten. Positive Wirkungen können sich allerdings erst durch eine breite Anwendung der Innovationen in der Praxis zeigen. Mitnahmeeffekte sind bei den EIP-Agri-Projekten weitgehend ausgeschlossen.

5.5 Wirkungen der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele

Die Maßnahmen werden in einer Gesamtbetrachtung behandelt, in der die Bewertungskriterien Wassererosionsschutz, Winderosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden sowie Erhöhung der Naturnähe thematisiert werden.

5.5.1 Naturschutz und Landschaftspflege

Die Teilmaßnahme umfasst zum einen Naturschutzinvestitionen für Flächensicherung und biotopgestaltende Maßnahmen sowie weitere Restaurations-, Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen in Natura 2000-Gebieten und weiteren Gebieten mit hohem Naturwert. Zum anderen wird das Monitoring zur Erfüllung von Berichtspflichten (FFH- und Vogelschutzrichtlinie) finanziell unterstützt (MELUR, 2015). Insgesamt wurden im Rahmen der Teilmaßnahme Naturschutz und Landschaftspflege 93 Projekte bewilligt. Dabei lag das Fördervolumen bis Ende 2023 bei 23,8 Mio. Euro. Der Anteil mit insgesamt 13 identifizierten bodenschutzrelevanten Projekten beträgt dabei 13,9 % (Bathke, 2025). Weitere Informationen zur Umsetzung der Teilmaßnahme auch anhand von ausgewählten Fallbeispielen erläutert der Bericht von Bathke (2025).

Relevant für den Bodenschutz ist darüber hinaus die Anlage von Hecken bzw. Knicks. In zwölf Projekten wurden insgesamt knapp 4.500 m Hecken und Knicks neu angelegt. Der Fördergegenstand wurde überwiegend außerhalb von Natura 2000-Gebieten umgesetzt (Bathke, 2025). Neben der Bereicherung des Landschaftsbildes und des faunistischen Artenschutzes liegt der Wirkungsbeitrag von Knicks im **Winderosionsschutz**. In Bezug darauf leistet besonders die Neuanlage von Hecken durch die Senkung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche einen Beitrag zum Bodenschutz (Dürr et al., 2024; Kühne et al., 2018; Da Re et al., 2023). Da es keine Angaben zur Verortung in Bezug auf die natürliche Winderosionsgefährdung gibt, können keine Angaben zur erreichten Fläche innerhalb der Winderosionsschutzkulisse getätigt werden.

Hecken leisten durch die **Kohlenstoffsequestrierung** einen Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit (Dürr et al., 2024; Flessa et al., 2018). Im Vergleich zum Ackerland wird unter Hecken bis zu 32 % mehr Bodenkohlenstoff angereichert. Wenn eine Hecke auf Ackerflächen angepflanzt wird, können zusätzlich bis zu 104 ± 42 t C_{org}/ha*a sequestriert werden. Im Boden werden davon ca. 16 % des Kohlenstoffs gespeichert, was 17 ± 12 t C_{org}/ha entspricht (Drexler et al., 2021). Der Effekt der Kohlenstoffspeicherung ist vor allem im Unterboden (UB) (30 bis 100 cm) hoch (Drexler, 2023). Schätzungen zufolge, die auf Messungen basieren, sind unter Hecken in der unterirdischen Biomasse 44 ± 28 t C_{org}/ha als Vorrat vorhanden (Drexler et al., 2021). Nur neu gepflanzte Hecken können einen Beitrag zur Kohlenstoffsequestrierung im Boden leisten (Zusätzlichkeit) (Wüstemann et al., 2023). Die Größenordnung liegt im Mittel bei 92 ± 40 Tonnen C_{org}, welche in der Biomasse pro ha Hecke gespeichert werden kann. Der Großteil der Kohlenstoffspeicher sind dabei die Wurzeln im Boden (Drexler et al., 2021). Die Vorräte des Bodenkohlenstoffs von Hecken sind vor allem vom Alter der Hecken (Dauerhaftigkeit) und der Art der Nutzung anhängig. Knicks speichern deutlich mehr als tendenziell kurzlebige Futterlaubhecken und Kurzumtriebsplantagen (Schmidt et al., 2023). Auch hier kann aufgrund fehlender Angaben zu Größe bzw. Dimensionierung der eingebrachten Knicks, keine Quantifizierung der Kohlenstoffspeicherung im Boden vorgenommen werden. Zudem ist die Wiedervernässung von Mooren als große Kohlenstoffsenken wichtig für den Bodenschutz. Dieser Aspekt wird allerdings im Bericht von Roggendorf et al. (2026) aufgrund der vorherrschenden Klimaschutzwirkung betrachtet.

Ein weiteres Projekt der Fördermaßnahme ist die Biotopgestaltende Maßnahme „Nessendorf“ von der Stiftung Naturschutz. Auf einer 35 ha großen Ackerfläche im Besitz der Stiftung Naturschutz soll eine Weidelandschaft entwickelt werden. Die Fläche ist stark reliefiert und enthält neben flachen Plateaus auch zwei durchlaufende Bachläufe und süd(ost)exponierte Hänge. Zunächst wurden die Drainagen entfernt und Tümpel als Laichgewässer angelegt sowie zur Umwandlung der Nutzung Regio-Saatgut eingesät. Außerdem wurde ein 200 m langer Bachabschnitt, welcher zuvor verrohrt war, wieder geöffnet und die Böschungen wurden mit heimischen Büschen und Bäumen bepflanzt. Im angrenzenden Wald entstanden an den Waldrändern blütenreiche Flächen und somit Übergangsbereiche vom extensiven Grünland zum Wald. Die gesamte Fläche wird mit Robustrindern beweidet. Speziell die Umwandlung in Grünland erbringt aufgrund der Erhöhung bzw. langfristigen Erhaltung der permanenten Bodenbedeckung einen wesentlichen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden und zum **Wassererosionsschutz** (Bathke, 2025).

Der Beitrag der Maßnahme zum Bodenschutz ist damit als positiv zu werten. Mitnahmeeffekte liegen nach Angaben des Berichts von Bathke (2025) nicht vor, da weitergehende Entwicklungsmaßnahmen ohne den Anteil der Flurbereinigung/Flächenerwerb im Rahmen der Maßnahme häufig nicht zustande kommen.

5.5.2 Wiederaufbau Wald und Waldumbau

Ziel des Wiederaufbaus Wald (TM 8.4) ist es, durch die Aufforstung stabiler und standortgerechter Laub- und Mischwälder auf Flächen, die durch Kalamitäten beschädigt wurden, den **Bodenschutz im Wald zu verbessern** und sowohl die Resilienz als auch die ökologische Wertigkeit der Bestände zu steigern. Die Förderung des Waldumbaus (TM 8.5) hat den planmäßigen Umbau von nicht standortgerechten (Nadel-)Wäldern hin zu standortgerechten Laub- und Mischbeständen zum Ziel (Franz, 2019). Ein Beitrag zum Bewertungskriterium vereinfachte Bodenbearbeitung ist von den beiden Forstmaßnahmen aufgrund der Baumartenänderung insbesondere durch eine veränderte Durchwurzelung und Streuzusammensetzung zu erwarten. Vor allem der Übergang von Nadelwäldern zu Misch- oder Laubwäldern hat signifikante Auswirkungen auf den Boden, sowohl in physikalischer, chemischer als auch biologischer Hinsicht.

Die Bewertung der Forstmaßnahmen hinsichtlich der Wirkungen auf das Schutzgut Boden muss den zeitlichen Verzug zwischen der Durchführung der Maßnahmen und dem Eintritt der Wirkung berücksichtigen. Dem Problem der langen Wirkzeiträume kann in Forschungsprojekten durch das Heranziehen relativ langer Zeitreihen begegnet werden. Da dies im Rahmen der Evaluation nicht möglich ist, wurde auf die Analyse von Literaturangaben und Förderdokumenten zurückgegriffen. Auf dieser Grundlage können kausale Wirkungsketten aufgebaut werden, die eine qualitative Einschätzung der Maßnahmenwirkungen ermöglichen.

Der geförderte Wiederaufbau Wald bezieht sich auf durch Kalamitäten zerstörte oder beschädigte Bestände. Dabei handelt es sich häufig um Rein- und/oder Nadelholzbestände. Voraussetzung der Förderung der Maßnahmen war die Durchführung von Standortkartierungen und die Vorlage von forstfachlichen Stellungnahmen (Franz, 2019). In der Förderperiode 2014 bis 2022 wurden ca. 990 ha Wald aufgeforstet und auf rund 830 ha Waldfläche Waldumbaumaßnahmen durchgeführt (vgl. Tabelle 24). Für den Wiederaufbau Wald wurden 6,24 Mio. Euro und für den Waldumbau 5,94 Mio. Euro ausgegeben. Das entspricht einer Zielwerterreichung von 89 % (TM 8.4) und 100% (TM 8.5) der ausgezahlten Mittel.

Die finanzielle Umsetzung der Forstmaßnahmen in Schleswig-Holstein umfasst die Ausgaben für beendete und teilausgezahlte Vorhaben der Jahre 2015 bis einschließlich 2023.

Tabelle 24: IST und SOLL der TM 8.4 und TM 8.5 von 2015 bis 2022/2024

Code	Kurzbezeichnung	SOLL 2015-2022 [1]		IST 2015-2022 [2]		Zielwerterreichung	
		Förderfläche	Anzahl Vorhaben	Förderfläche	Anzahl Vorhaben	Förderfläche	Anzahl Vorhaben
		[ha]	[n]	[ha]	[n]	[%]	[%]
8.4	Wiederaufbau Wald	1.165	775	991	731	85	94
8.5	Waldumbau	k. A.	725	833	844	-	116

1) Programmversion 8.1 (2021)

2) Monitoringdaten bis 12/24

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Monitoringdaten (bis 12/24) sowie Angaben des Programms (Version 8.1) (MELUND, 2021).

Basierend auf den Förderdaten des Landes (2015-2022) (MELUND, div. Jgg.) kann die Veränderung der Bestockungsverhältnisse (Bewertungskriterium) nachvollzogen werden (Tabelle 25). Dabei ist zu beachten, dass diese Daten vom Monitoring (s. o.) abweichen.

Tabelle 25: Ausgangs- und Zielbestockung der Umbauflächen (Zahlen gerundet)

	8.4 Wiederaufbau Wald		8.5 Waldumbau		Gesamtfläche	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Umbaufläche	977	100	834	100	1.811	100
Ausgangsbestockung						
davon						
Nadelholz	619	63	364	44	983	54
Mischung	110	11	124	15	234	13
Laubholz	40	4	101	12	141	8
nicht angegeben	208	21	245	29	453	25
Zielbestockung						
davon						
Mischung	513	53	280	34	793	44
Laubholz	464	47	554	66	1.018	56

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf den Angaben der Förderdaten (2015-2022) (MELUND, div. Jgg.).

Im Rahmen des Wiederaufbaus Wald wurde der Anteil der Nadelholzbestände auf den Maßnahmenflächen von über 60 % auf 0 % gesenkt. Die Mischwaldbestände wurden deutlich auf 53 % angehoben und der Anteil an Laubholzbeständen wurde verzehnfacht. Beim Waldumbau wurde der Anteil der Nadelholzbestände auf den Maßnahmenflächen von 44 % auf 0 % reduziert. Angehoben wurden die Mischwaldbestände auf 34 %. Der Anteil an Laubholzbeständen hat sich mehr als verfünffacht und lag 2022 bei 66 %.

Der Boden im Laubwald weist in der Regel eine größere Durchwurzelung auf und hat eine höhere biologische Aktivität, die sich positiv auf die Nährstoffverfügbarkeit auswirkt. Laubwälder fördern die Humusanreicherung im Oberboden, was die Stickstoffspeicherung verbessert und damit das Risiko hoher Nitratausträge verringert (Mellert et al., 2007). Zusätzlich sind Laubhölzer in der Lage, Nitrat aufzunehmen sowie Stickstoffverbindungen und andere Nährstoffe im biologischen Kreislauf zu halten (Zirlewagen und Wilpert, 2001). Die Nährstoffe werden über die Wurzel aus dem Unterboden aufgenommen und gelangen über die Streufall in die Humusschicht. Die Humusformen unter Laubbäumen sind in der Regel weniger sauer und können größere Mengen Stickstoff in relativ stabilen Formen speichern (Rothe et al., 1998). Diese Wirkung ist bereits in der ersten Umbauphase (Buchenvoranbau nach 33 Jahren) zu beobachten (Makeschin und Augustin, 2006). Die positive Wirkung des Waldumbaus von Nadelreinbeständen hin zu laubholzreicheren Beständen auf die Waldböden wurde auch im Zuge der Auswertungen der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald bestätigt (Wellbrock et al., 2016). Im Vergleich dazu sind Nadelwälder anfälliger für Bodensäurebildung und höhere Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, da sie durch die größere Blattoberfläche und die ganzjährige Benadelung Schadstoffe aus der Luft das ganze Jahr über ausfiltern (Hegg et al., 2004).

In Misch- und Laubwäldern ist die Wasserverfügbarkeit tendenziell höher, da Laubbäume im Winter keine Transpiration betreiben (BMEL, 2021b). Zudem weisen Laubwälder geringere Interzeptionsverluste auf, was zu einer erhöhten Sickerwassermenge führt, die Wasserspeicherung im Boden begünstigt und die Bodenqualität aufgrund geringerer Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser verbessert (Hegg et al., 2004).

Trotz potenzieller Risiken einer steigenden Nitratkonzentration im Bodenwasser (Puhlmann et al., 2021) ist bei einem Umbau zu Laub- und Mischwäldern auf Basis literaturbasiert nachvollzogener Wirkungsketten insgesamt von positiven Auswirkungen auf die Bodenqualität und die Resilienz des Waldes gegenüber Extremereignissen wie Trockenheit auszugehen. Die positive Wirkung des Bestandswechsels von Nadelreinbeständen hin zu

laubholzreicheren Beständen auf die Waldböden wurde auch im Zuge der Auswertungen der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald bestätigt (Wellbrock et al., 2016) und ist bereits in der ersten Umbauphase (Buchenvoranbau nach 33 Jahren) zu beobachten (Makeschin und Augustin, 2006).

Bei der Wirkungsbetrachtung der Forstmaßnahmen in Schleswig-Holstein ist zu berücksichtigen, dass die Gesamtfläche der durch das LPLR geförderten Waldflächen einen Anteil von knapp 1 % an der generell kleinen Waldfläche des Bundeslandes hat (Rorig, 2022). Somit tragen die Teilmaßnahmen 8.4 und 8.5 kaum zum Bodenschutz in Schleswig-Holstein bei.

Insgesamt ergab die Analyse der von Franz (2019) durchgeführten gemeinsamen ZWE-Befragung für den Wiederaufbau Wald (TM 8.4) und den Waldumbau (TM 8.5) geringe Mitnahmeeffekte. Es ist davon auszugehen, dass die Mitnahmeeffekte beim Wiederaufbau Wald tendenziell höher sind als beim Waldumbau, da eine Aufforstung der Fläche unabhängig von der Förderung notwendig ist. Auf Grundlage der gemeinsamen Befragung ist von vollständigen Mitnahmeeffekten von 17 % der Vorhaben auszugehen. Von den Vorhaben auf die Waldflächen übertragen entspricht das etwa 310 ha Wald, davon 168 ha beim Wiederaufbau Wald und 142 ha beim Waldumbau. Diese Werte lassen sich nur näherungsweise bestimmen und beruhen auf der vereinfachten, pauschalen Annahme, dass alle Vorhabenflächen gleich groß sind. Die ermittelte Fläche muss bei der Wirksamkeitsanalyse als vollständige Mitnahme abgezogen werden. Demnach ergibt sich für die Förderungen der TM 8.4 und 8.5 eine Waldfläche von 1.514 ha (823 ha TM 8.4 und 691 ha TM 8.5), auf denen ein positiver Einfluss auf den Bodenschutz stattfindet.

5.5.3 Vertragsnaturschutz: Ackerlebensräume

Das Förderangebot Vertragsnaturschutz umfasst insgesamt zehn Vertragsmuster. Sechs Förderkulissen sind auf das Grünland spezialisiert, drei auf den Ackerbau und eine Kulisse auf die Halligen (MELUR, 2015). Insgesamt wurden durch die Vorhabenart rund 5.000 ha erreicht (vgl. Kapitel 3.3). Inhalte des Vertragsnaturschutzes sind u. a. die Vorgabe von biodiversitätsfördernden Einsaatmischungen und verpflichtende und freiwillige biotopgestaltende Maßnahmen je nach Vertragsmuster (Reiter et al., 2024).

Gegenüber der vorherigen Förderperiode bis 2013 stieg die Nachfrage nach dem Förderangebot um 70 %. Dabei hat der Ackerlandvertragsnaturschutz den größten relativen Anstieg an Förderfläche erfahren. Von dem Ackerlandvertragsnaturschutz sind 32 % der Vertragsfläche der Förderkulisse Ackerlebensräume zuzuordnen (Reiter et al., 2024).

Für den Bodenschutz relevanter Maßnahmenbestandteil ist das Vertragsmuster Ackerlebensräume. Inhalte sind dabei die Selbstbegrünung oder gezielte Begrünung durch die Ansaat vorgegebener Blühmischungen mit einem Verbot des Düngemittel- und PSM-Einsatzes sowie einem Verzicht der Nutzung des Aufwuchses. Außerdem werden Zeiten zur Bodenbearbeitung und Ansaat (01.02. bis 15.05.), zur Pflege von Klee- und Ackergrasansaat, mit Mahd- und Mulchvorgaben, und Begrünungsintervallen vorgegeben (MELUR, 2014, 2015). Das Vertragsmuster teilt sich in die verschiedenen Fördervarianten gezielte Begrünung (92 % der Förderfläche), Selbstbegrünung (rund 6 %) und Bienenweide/ÖVF (2 %) auf (InVeKoS-Daten für 2021).

Wie die im Rahmen der Gewässerschutzberatung empfohlenen Gewässerschutzstreifen gehen von den eingebrachten Brachen/Grünstreifen positive Wirkungen auf den **Erosionsschutz** und die **Kohlenstoffspeicherung im Boden** aus (siehe Kapitel 5.4.2.3). Durch die Brachen (in Form von gezielter Begrünung und Selbstbegrünung) sorgt die Fördermaßnahme für eine Erhöhung der Bodenbedeckung, wodurch der entsprechende Wirkungsfaktor bedient wird. Dieser kann abhängig von der Verortung gegebenenfalls auch zu einer Verkürzung der erosiven Hanglänge führen. Die gezielte Begrünung mit mehrjährigen Klee-Ackergrasmischungen trägt durch das mehrjährige Belassen derselben Kultur zu einem Kohlenstoffeintrag durch die Wurzeln bei. Die Wirkung der Selbstbegrünung ist dabei gegenüber den eingesäten Brachen als geringer einzustufen. Dies ist darin begründet, dass durch eine Selbstbegrünung die ausreichende Bodenbedeckung

später erreicht wird und dadurch der Boden längere Zeit unbedeckt ist und somit die Erosionsschutzwirkung erst später eintritt (Honecker et al., 2022).

Die VNS-Ackerlebensräume konnten aufgrund der Geodatenanalyse hinsichtlich ihrer Lage im Raum näher charakterisiert werden. Besonders vor dem Hintergrund der Erosionsschutzwirkungen wurden einige Paramater untersucht. In Tabelle 26 werden die Brachen/Grünflächen charakterisiert.

Tabelle 26: Lage der VNS-Ackerlebensräume

Lage	Förderfläche			
	Anzahl		Fläche	
	[n]	[%]	[ha]	[%]
Gesamt	2.598		6.476	
davon Lage angrenzend an:				
Dauergrünland	699	27	2.112	33
Wald	528	20	1.474	23
Fließgewässer	427	16	1.061	16

Quelle: InVeKoS-Daten (2022), Dauergrünland aus Feldblöcken (MLLEV, 2025), Wald aus Digitales Landbedeckungsmodell (BKG, 2021), Fließgewässergewässer aus den Fachthemen Umwelt (MEKUN, 2023).

Gemäß Erläuterungen zum Vertragsmuster „Ackerlebensräume“ ist die Lage an Knicks, Gräben, Gewässern, Waldrändern, Wegen sowie zur Teilung von Schlägen möglich (MELUR, 2014). Die Erosionsschutzwirkung wird durch die Lage am Waldrand (Abwesenheit von Fremdwasserzufluss, Lage am Oberhang), an Dauergrünland angrenzend und an Fließgewässern gegenüber einer Anlage im Feldblockinneren reduziert. Waldflächen schützen durch den Baumbestand den Boden vor dem Aufprall der Regentropfen und weisen eine hohe Infiltrationsleistung auf, was die Erosionsgefährdung stark senkt (Honecker et al., 2022; LfULG, 2010). Bei einer Lage am Hangfuß mit angrenzendem Wald ist eher die Schutzwirkung der Grünstreifen denkbar (Schutz vor Nährstoffeintrag bei Erosionsereignissen und/oder durch Verzicht auf PSM- und Düngemittel). Bei Dauergrünlandflächen ist der Mehrwert hinsichtlich des Erosionsschutzes im Gegensatz zu Ackerflächen als direkte Nachbarschaft geringer, da diese aufgrund ihrer hohen Bodenbedeckung weniger anfällig für Erosion sind (Honecker et al., 2022). Das WHG enthält in § 38 Vorgaben zu den Gewässerrandstreifen, welche im Außenbereich i. d. R. fünf Meter breit sein müssen. Damit ist eine Begrünung bereits vorgegeben, weshalb die Erosionsschutzwirkung gegenüber einer Umwandlung an anderer Stelle geringer ist. Wenn die VNS-Ackerlebensräume an Gewässern liegen, übernehmen sie auch die Funktion eines Gewässerrandstreifens laut Ordnungsrecht. Eine Überschneidung von Erosionsschutz und Gewässerschutz besteht auch im Ordnungsrecht. Im Rahmen des geltenden Ordnungsrechts sind Gewässerrandstreifen generell in ihren Funktionen zu erhalten.

Bei ca. einem Drittel der Förderflächen, die an Dauergrünland angrenzten, sind aufgrund der geringeren Erosionsschutzwirkung im Einzelfall Mitnahmen möglich, wenn die Begrünung auf den Flächen auf voller Länge/Strecke fortgesetzt wird. Zudem ist der Mehrwert bzw. die Schutzwirkungen neu angelegter VNS-Ackerlebensräume bei circa 23 % der Förderfläche als gering einzuschätzen, da die Lage direkt an den Wald angrenzte. Diese Flächen zeichnen sich infolge von Beschattung durch die Bäume durch vergleichsweise geringe Ertragsverluste aus (geringeres Ertragspotenzial) gegenüber Lagen der Förderflächen im Inneren der Feldblöcke und somit die Prämie eine Überkompensation darstellen könnte. Bei der Lage am Fließgewässer ist der Umfang der teilweisen Mitnahmeeffekte von der Lage innerhalb der Kulisse des § 38 WHG abhängig. Da dazu keine Geodaten vorlagen, können keine weitere Quantifizierungen der Erosionsschutzwirkung vorgenommen werden. In den drei Situationen der Lage handelt es sich um teilweise Mitnahmen. Dadurch, dass vergleichsweise hohe Auflagen und verschiedene Einschränkungen in der Förderung vorlagen, wie bei allen Vertragsmustern im

Rahmen des Vertragsnaturschutz, sind Mitnahmeeffekte nahezu vollständig auszuschließen. Demnach werden von den geförderten VNS-Ackerlebensräumen keine Flächen aufgrund von Mitnahmeeffekten zum Abzug gebracht.

5.6 Fazit zu den Ressourcenschutzwirkungen

Ausgehend von den Auswertungen in den Kapiteln 5.4 und 5.5 wird in den folgenden Unterkapiteln jeweils ein Fazit zu den verschiedenen Wirkungspfaden bzw. Bewertungskriterien gezogen. Dabei werden die quantifizierbaren Wirkungen der Flächenmaßnahmen nebeneinandergestellt, um einen Überblick zu gewinnen und die Gesamtwirkung zu ermitteln.

5.6.1 Beitrag zum Schutz vor Wassererosion

Die Flächenmaßnahmen bzw. AUKM, welche einen Beitrag zur Reduzierung der Wassererosion leisten, wurden mit ihrer erreichten Ackerfläche nach Erosionsgefährdungsstufen eingeteilt (vgl. Tabelle 27).

Tabelle 27: Geförderte Ackerfläche der Maßnahmen nach Erosionsgefährdungsgrad

Kulissen		Fläche CC-Kulisse	Förderfläche in E_{nat}-Kulisse [ha]			Summe	Anteil an E_{nat}-Kulisse
		[ha]	Winter-begrünung	VNS-Acker-lebensräume	ÖKO	[ha]	[%]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**	988.032	8.576	6.139	32.555	-	-
davon	davon						
$CC_{Wasser}0$	$E_{nat}0$	7.430	99	44	21	164	2,2
	$E_{nat}1$	402.291	4.598	2.481	11.899	18.978	4,7
	$E_{nat}2$	372.428	2.891	2.175	13.446	18.513	5,0
	$E_{nat}3$	134.919	742	865	4.916	6.522	4,8
	$E_{nat}4$	60.839	243	515	2.183	2.941	4,8
$CC_{Wasser}1$	$E_{nat}5$	6.998	3	59	89	151	2,2
$CC_{Wasser}2$	$E_{nat}6$	3.127	-	-	0,4	0	0,01
Auswertungsjahr (InVeKoS)		2022	2017	2022	2022		2022

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2022) und Erosionskulissen der Jahre 2017, 2022 (LfU, 2025).

Mit den Maßnahmen wurden insgesamt 2,2 % der $CC_{Wasser}1$- und 0,01 % der $CC_{Wasser}2$-Kulisse erreicht. Getragen wurde dieser Anteil durch den Ökolandbau, welcher naturgemäß mehr Fläche erreicht als die im Umfang relativ begrenzten VNS-Ackerlebensraumflächen. Allerdings erreichten die VNS-Ackerlebensräume, obwohl sie nur ein Fünftel der Ökolandbaufläche aufwiesen, innerhalb der CC_{Wasser}-Kulisse nur 30 Hektar weniger.

Von den Ergebnissen der Tabelle 27 ausgehend konnte nach der in Kapitel 4 geschilderten Methodik potenziell ein vermiedener Bodenabtrag durch Wassererosion von im Minimum (Min) rund 105.000 t und im Maximum (Max) ca. 220.000 t für die betrachteten Jahre 2017 (Winterbegrünung) und 2022 (VNS-Ackerlebensräume, ÖKO) realisiert werden (vgl. Tabelle 28).

Tabelle 28: Potenziell vermiedener Bodenabtrag der bodenschutzrelevanten Maßnahmen

CC-Klasse	E_{nat} Stufen	Vermiedener Bodenabtrag gesamt [t/a]						Summe [t/a]	
		Winterbegrünung		VNS-Ackerlebensräume		ÖKO			
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Gesamt		12.773	29.621	15.358	32.034	77.208	158.945	**105.340**	**220.600**
davon	davon								
$CC_{Wasser}0$	E_{nat} 0	42		21		10		**42**	
	E_{nat} 1	1.936	9.640	1.210	6.024	5.555	27.662	**8.700**	**43.326**
	E_{nat} 2	6.074	12.123	5.302	10.582	31.719	63.311	**43.094**	**86.016**
	E_{nat} 3	3.145	4.711	4.215	6.314	23.192	34.741	**30.552**	**45.767**
	E_{nat} 4	1.540	3.078	3.764	7.523	15.426	30.831	**20.730**	**41.432**
$CC_{Wasser}1$	E_{nat} 5	37	68	868	1.591	1.301	2.384	**2.206**	**4.042**
$CC_{Wasser}2$	E_{nat} 6	-		-		6		**6**	
		Vermiedener Bodenabtrag pro Hektar [t/a]							
Gesamt		1	3	3	5	2	5	**6**	**14**

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2022) und Erosionskulissen der Jahre 2017, 2022 (LfU, 2025) sowie Angaben aus Auerswald et al. (2021).

Dabei ist zu erkennen, dass, basierend auf dem Umfang der erreichten Förderfläche, der gesamte potenziell vermiedene Bodenabtrag beim Ökolandbau am höchsten war. Werden hingegen die vermiedenen Bodenabträge pro Hektar ausgewertet, sind die VNS-Ackerlebensräume am effektivsten. Das ist neben dem geringen C-Faktor vor allem auf die vergleichsweise hohen Flächenanteile innerhalb der Gebiete mit einer großen Erosionsgefährdung zurückzuführen.

Bei den berechneten Bodenabtragswerten ist allerdings zu bedenken, dass die Verweilzeiten der hohen Bodenbedeckung der einzelnen Maßnahmen auf den geförderten Flächen sehr unterschiedlich ausfallen können. Bei der Winterbegrünung beträgt diese Verweilzeit nur wenige Monate, welche allerdings aus Erosionsschutzsicht besonders wichtig sind. Allerdings ist danach eine Bestellung für die Sommerungen möglich, welche im Schnitt deutlich höhere C-Faktoren aufweisen und demnach das Risiko für Wassererosion erhöhen. Bei den VNS-Ackerlebensraumflächen besteht die hohe Bodenbedeckung bei den mehrjährigen Flächen (80 % der Förderfläche) unverändert durch die geschlossene Grasnarbe, was das Auftreten der Erosion nahezu vollständig vermeidet. Demnach ist die Wirkung dieser mehrjährigen Förderflächen als höher einzuschätzen.

Mit der ABAG wurde ein Bodenabtrag von im Mittel zwischen 0,2 bis 0,3 t/ha*a kalkuliert. Diese Werte unterschreiten auch den für SH im Jahr 2016 angegeben Wert des Kontextindikators (C.42, erster Unterindikator) mit einem mittleren Bodenabtrag von ca. 0,5 t/ha*a (EU-COM, 2019). Damit wird die erosionsschonende Wirkung der Maßnahmen nochmal deutlich.

5.6.2 Beitrag zum Schutz vor Winderosion

Die drei betrachteten Maßnahmen wurden entsprechend ihrer Lage in der Winderosionskulisse charakterisiert (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 29: Einordnung der geförderten Ackerfläche der Maßnahmen in die Winderosionskulisse

Kulissen		Bezeichung Erosions-gefährdung	Fläche CC-Kulisse [ha]	Förderfläche in E_{nat}-Kulisse [ha] Winter-begrünung	VNS-Acker-lebensräume	ÖKO	Summe [ha]	Anteil an E_{nat}-Kulisse [%]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**		988.032	8.576	6.138	32.555	-	-
davon	davon							
	$E_{nat}0$	Keine Erosionsgefährdung	262.760	1.025	1.790	8.786	11.601	4,4
	$E_{nat}1$	Sehr geringe Erosionsgefährdung	259.100	1.247	1.497	9.472	12.217	4,7
	$E_{nat}2$	Geringe Erosionsgefährdung	190.898	1.978	1.203	7.965	11.146	5,8
	$E_{nat}3$	Mittlere Erosionsgefährdung	125.101	2.351	891	4.167	7.410	5,9
	$E_{nat}4$	Hohe Erosionsgefährdung	105.692	1.558	543	1.767	3.868	3,7
CC_{Wind}	**$E_{nat}5$**	Sehr hohe Erosionsgefährdung	44.481	**416**	**214**	**398**	**1.028**	**2,3**
Auswertungsjahr (InVeKoS)			2022	2017	2022	2022		2022

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2022) und Erosionskulissen der Jahre 2017, 2022 (LfU, 2025).

Da eine Zuweisung zu Abtragsmengen nicht möglich ist (Steininger und Wurbs, 2017), wurde die erreichte Förderfläche der Maßnahmen in der Winderosionskulisse beziffert. Diese umfasste 1.028 ha bzw. ca. zwei Prozent der der CC_{Wind}-Kulisse, welche aktiv zur Vermeidung von Winderosion beitrug. Die Winterbegrünung und der Ökolandbau trugen am stärksten zur erreichten Kulisse bei. Relativ in Bezug auf die Maßnahmenfläche war die Winterbegrünung am stärksten in der sehr stark winderosionsgefährdeten Kulisse mit 4,9 % vertreten, wonach die VNS-Ackerlebensräume mit 3,5 % folgten.

5.6.3 Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Die Kalkulation der Humusmengen, die durch die Maßnahmen in den Boden eingetragen wurden, sind Tabelle 30 zu entnehmen. Sie setzen sich zusammen aus den wissenschaftlichen Werten aus der Literaturrecherche zum eingetragenen Kohlenstoff oder den Werten der VDLUFA, dem erreichten Output bzw. der Fläche der Maßnahme zum Förderhöchststand und dem potenziellen eingetragenen bzw. eingespeicherten Kohlenstoff in den Boden als berechnetes Ergebnis.

Tabelle 30: Humusreproduktionswerte der bodenschutzrelevanten Maßnahmen

Code	Abkürzung	Kurzbezeichnung	Kohlenstoffeintrag [kg C_{org}/ha*a]	Quelle	erreichte Fläche [ha] [1)]	gespeicherte Menge Kohlenstoff im Boden [t C_{org}/a]
10.1.1	VA 10.1.1	Winterbegrünung	320	Poeplau und Don, 2015	8.101	2.592
10.1.3	VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen	Vereinfachte Humusbilanzierung [4)]		14.594	155.272
10.1.8	VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz Ackerlebensräume			6.152 [2)]	
		einjährig (auf 20% der Fläche) [3)]	550	BLE, 2022	1.230	677
		mehrjährig (auf 80 % der Fläche) [3)]	700		4.922	3.445
11.1	TM 11.1	Einführung Ökolandbau	Vereinfachte Humusbilanzierung [4)]		22.787	83.120
11.2	TM 11.2	Beibehaltung Ökolandbau				
Summe					**51.635**	**245.106**

1) Wert zeigt den Förderhöchststand (Monitoring)

2) Gesamte erreichte Fläche der bodenschutzrelevanten Pakete des VNS-ALR

3) Eigene Ermittlung mit InVeKoS-Daten 2021/22.

4) Die gespeicherte Menge Kohlenstoff im Boden kann von Häq. in t umgerechnet werden (Beck & Rippel, 2024). Bei den Vielfältigen Kulturen wurden die Betriebe mit der gleichzeitigen ÖKO-Förderung dazugerechnet.

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten der VDLUFA (2014), Poeplau und Don (2015), Brunotte et al. (2022) und Monitoringdaten (2017, 2022).

In der Summe konnte potenziell auf einer Fläche von ca. 51.600 ha eine Menge von bis zu 245.000 t Humus in Form von C_{org} in den Boden eingetragen werden. Um eher konservative Angaben zu machen, bilden die errechneten Werte nicht die Spannweiten oder die statistischen Ungenauigkeiten ab. Bei einigen Maßnahmen sind auch größere Humuswerte erwartbar, da in der Literatur auch höhere Spannen angegeben wurden. Zudem ist die Unsicherheit des Standorts und die Dauer der Maßnahmen zu beachten, die wiederum eine viel größere Wirkung auf den Kohlenstoffeintrag ausüben. Dies ist auch in der Entwicklung der Vorräte des organischen Kohlenstoffs im Oberboden (0 bis 30 cm) in den schleswig-holsteinischen Ackerböden zu erkennen. Sie weisen von Beginn der Untersuchungen 1999 bis 2015/16 keine generellen Veränderungen auf. Während die Vorräte innerhalb der Bodendauerbeobachtungsstandorte relativ konstant blieben, variiert der Humusvorrat zwischen den Standorten erheblich (Niveau schwankt zwischen ca. 40 t C_{org}/ha und ca. 140 t C_{org}/ha) (LLUR, 2017; Klüver et al., 2020).

Generell gilt es zu beachten, dass die betrachteten Beiträge zur Kohlenstoffspeicherung bei den Flächenmaßnahmen nur so lange anhalten, wie diese Bewirtschaftung aufrecht erhalten bleibt. Die investive Maßnahme NuL und auch einige der Elemente des VNS-Ackerlebensräume zeichnen sich durch längerfristige Verweilzeiten aus. Umgerechnet auf die geförderten Flächen ergibt sich ein Eintrag von 4,7 t C_{org}/ha*a. Im Vergleich zum C_{org}-Vorrat im Oberboden (0 bis 30 cm, s. o.) sind dies zwischen rund zwölf (Min.-Wert) und ca. drei Prozent (Max.-Wert).

5.7 Kohärenz und Synergie

In diesem Kapitel werden die Komplementarität, Kohärenz und Synergie von Interventionen innerhalb des Programms (*interne Kohärenz*) und im Verhältnis zu nationalen und EU-Politiken außerhalb des LPLR (*externe Kohärenz*) betrachtet.

Im Zusammenhang der LPLR-Förderung ist unter Komplementarität der Beitrag unterschiedlicher Maßnahmen zu einem Ziel zu verstehen. Kohärenz umfasst zum einen eine zeitliche und räumliche Koordinierung zwischen (komplementären) Maßnahmen durch administrative Abläufe und Organisation und/oder durch integrierende Fördermaßnahmen. Zum anderen beinhaltet sie die Vereinbarkeit von Förderphilosophien und -bedingungen verschiedener Maßnahmen oder Programme und Akteuren und zwar von der europäischen Ebene bis zur Umsetzungsebene (Toepel, 2000). Letzteres ist insbesondere für die Betrachtung der Programmebene von Relevanz. Interne Kohärenz betrachtet dabei die Vereinbarkeit innerhalb eines Programms, hier des LPLR, externe Kohärenz das Verhältnis zu anderen nationalen und EU-Politiken. Synergien bezeichnen das konkrete Zusammenwirken von verschiedenen Instrumenten oder Maßnahmen.

Komplementär wirkende Maßnahmen waren im Bodenschutz möglich, d. h. unterschiedliche Maßnahmen ergänzen sich inhaltlich und tragen zum gemeinsamen Ziel des Bodenschutzes bei. Ein Beispiel ist die Kombination zwischen dem Ökolandbau als Basis auf der landwirtschaftlichen Fläche mit der Kombination NuL, durch die z. B. Hecken/Knicks eingebracht werden, welche wiederum die Gefahr für Winderosionsschutz senken.

Die für den Bodenschutz wirksamen Maßnahmen waren in den wenigsten Fällen für die Erosionsvorsorge oder den Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden programmiert (vgl. Tabelle 9) und/oder wurden nicht gezielt auf für den Erosionsschutz relevante Flächen gelenkt (z. B. Winterbegrünung in die Wassererosionskulisse). Mögliche Synergien sind daher auch in Anbetracht der geringen Reichweite der bodenschutzrelevanten Förderungen eher zufällig.

Einzelne geförderte Vorhaben können auch mit negativen Wirkungen verbunden sein, die einen Zielkonflikt des ELER (fehlende interne Kohärenz) aufzeigen. Ein Beispiel ist die mögliche Neuversiegelung im Zuge der Modernisierung ländliche Wege (Wegebau) (VA 7.2.1), wobei Auswertungen von Bathke (2019) zeigten, dass i. d. R. nur Wege auf vorhandener Trasse verstärkt und neu befestigt wurden. Diese Aussage gilt prinzipiell auch

für die nicht im Bodenkontext betrachtete Agrarinvestitionsförderung und alle geförderten Neubauvorhaben, bei denen Boden neu versiegelt wird.

5.8 Gesamtbetrachtung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen

Die Wirkung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen auf die Ackerfläche auf Programmebene wird in Form einer synoptischen Zusammenfassung dargestellt (vgl. Tabelle 31). Dabei werden die drei Bewertungskriterien „die Teilmaßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei“, „die Teilmaßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei“ sowie „veränderte Bestockungsverhältnisse haben langfristig positive Auswirkungen auf Bodenschutzaspekt“ herangezogen und in Form der Kurzbezeichnungen in den Spaltenköpfen abgekürzt.

Der erste Abschnitt in Tabelle 31 stellt die Maßnahmen mit SPB 4C-Zielsetzung dar, im zweiten Abschnitt sind die Maßnahmen ohne explizite Zielsetzung aufgeführt.

Tabelle 31: Zusammenfassung der betrachteten bodenschutzrelevanten Maßnahmen

Code	Kürzel	Kurzbezeichnung	Ziel-setzung	Output		Wassererosion: erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse [1]	Wassererosion: vermiedener Bodenabtrag pro Fläche Min.	Wassererosion: vermiedener Bodenabtrag pro Fläche Max.	Wassererosion: vermiedener Bodenabtrag gesamt Min.	Wassererosion: vermiedener Bodenabtrag gesamt Max.	Winderosion: erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	Kohlenstoffspeicherung im Boden: gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden pro Fläche	Kohlenstoffspeicherung im Boden: gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden gesamt (Summe)	Kohlenstoffspeicherung im Boden: vereinfachte Humusbilanzierung: Netto Humusäquivalente [2] pro Fläche (Mittelwert gewichtet)	Kohlenstoffspeicherung im Boden: vereinfachte Humusbilanzierung: Netto Humusäquivalente [2] gesamt (Summe)	Verbesserung des Bodenschutzes im Wald: Waldfläche mit veränderten Bestockungsverhältnissen	Wirkungsdauer	Mitnahmen
						[%]	[t/ha*a]		[t/a]		[%]	[kg C_{org}/ha*a]	[t C_{org}/a]	[Häq/ha*a]	[Häq/a]	[ha]		
1.1	TM 1.1	spezifische Weiterbildung [3]	x	14.535	Teilnehmer		n.q.				n.q.			n.q.			dh *	keine
2.1.1	VA 2.1.1	Beratung Nachhaltigkeit [3]	x	5.241	Teilnehmer		n.q.				n.q.			n.q.			dh *	keine
2.1.2	VA 2.1.2	Beratung Gewässerschutz [3]	x	3.060	Teilnehmer													
		davon Beratung Modul 2.11 Bodenerosionsschutzberatung für Seen [4]		147	Teilnehmer/ Module		n.q.				n.q.			n.q.			dh *	keine
10.1.1	VA 10.1.1	Winterbegrünung [5]	x	8.101	ha	0,03	1,5	3,5	12.773	29.621	0,9	320	2.592			kein Effekt vorhanden	be	keine
10.1.3	VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen [6]	x	14.484	ha	kein Effekt auf den Erosionsschutz vorhanden					kein Effekt vorhanden		77.241	161	77.241.078		be	keine
													78.031	352	78.030.605		be	keine
11.1/2	TM 11.1/2	Einführung/Beibehaltung Ökolandbau [3]	P	68.142	ha												be	keine
		davon Ackerfläche [7]		33.265	ha	1,27	2,4	4,9	77.208	158.945	0,9		83.120	394	83.119.528			
16.1	TM 16.1	EIP-Agri [3]	x	34	Vorhaben		n.q.				kein Effekt vorhanden			n.q.			dh	keine
		davon mit Bodenschutzbezug		8	Vorhaben													
4.4	TM 4.4	NuL [3]	o	90	Vorhaben		n.q.				n.q.			n.q.			dh	keine
10.1.8	VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz	o	47.325 [8]	ha													
	FP609	Ackerlebensräume		6.152 [8]	ha	0,85	2,5	5,2	15.358	32.034	0,5					kein Effekt vorhanden	be	keine
		einjährig (auf 20% der Fläche) [3]		1.230								550	677					
		mehrjährig (auf 80 % der Fläche) [3]		4.922								700	3.445					
8.4	TM 8.4	Wiederaufbau Wald [3]	Ø	991	ha	kein Effekt auf den Erosionsschutz vorhanden					kein Effekt vorhanden	kein Effekt auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden vorhanden				823	dh	gering
8.5	TM 8.5	Waldumbau [3]	Ø	844	Vorhaben											691	dh	gering
					Summe	**2,15**	**6,4**	**13,6**	**105.339**	**220.600**	**2,3**	**-**	**245.106**	**907**	**238.391.211**	**1.514**		

Zielsetzungen: P = prioritär, x = sekundär, Ø = ohne Ziel, im Feinkonzept vereinbarte Untersuchung bei erwarteter Wirkung, o = ohne Bodenschutzziel aber mit potenziellen positiven/negativen Wirkungen

Wirkungsdauer: dh = dauerhaft, be = begrenzt auf die Dauer der Förderung, * Bei den Beratungen kommt es zum einen darauf an, ob die beratenden Maßnahmen auch direkt umgesetzt werden und zum anderen, ob das Wissen regelmäßig aufgefrischt wird.

n.q. = nicht quantifiziert = kein Eintrag

1) CC_{Wasser} 1 bzw. $E_{nat}5$ und $CC_{Wasser}2$ bzw. $E_{nat}6$

2) In Bezug auf die Situation ohne Förderung

3) Monitoringdaten bis 12/24

4) Nach dem Bericht von Reiter (2020) unter den Annahme, dass pro Modul eine Person erreicht wurde.

5) Die Outputangaben sind für das Jahr 2017 (Förderhöchststand) dargestellt.

6) Die Outputangaben stellen das Jahr 2019 (Förderhöchststand) dar. Bei der Kohlenstoffspeicherung im Boden sind in der ersten Zeile die konventionellen Betriebe und in der zweiten Zeile die ökologischen Betriebe aufgeführt.

7) Die Outputangaben für die Ackerflächen stellen das Jahr 2022 dar (InVeKoS-Daten), mit dem Jahr wurde auch die Erosionsschutzwirkung berechnet. Die Wirkungsabschätzung zur Kohlenstoffspeicherung im Boden wurde mit dem Jahr 2020 vorgenommen.

8) Die Outputangaben sind für das Jahr 2022 (Förderhöchststand) dargestellt.

Quelle: Eigene Zusammenstellung aufgrund InVeKoS-Daten (2017, 2022), Daten des Fachreferats für den Vertragsnaturschutz (2015 bis 2022), Förderdaten zu den Forstmaßnahmen (MELUND, div. Jgg.), Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS), VDLUFA (2014), LPLR-Programm (MELUR, 2015) und Angaben der Verwaltungsbehörde und Fachreferate sowie vereinzelt Monitoringdaten (2015 bis 2024) (MELUND und MEKUN, versch. Jgg.).

Zusammenfassung der Wirkungen nach Bewertungskriterien

Im Rahmen der Wirkung des Programms zur **Senkung des Bodenabtrags durch Wassererosion** wurden rund zwei Prozent der **Wassererosionskulisse $CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$** durch die bodenschutzrelevanten Maßnahmen erreicht. Der Ökolandbau nimmt davon mit Abstand den größten Anteil ein. Das zeigt das große und bisher zu wenig genutztes Potenzial dieser Maßnahme zur Reduzierung des Bodenabtrags durch Wassererosion. Der Ökolandbau zeichnet sich durch eine flächenmäßig weite Verbreitung und relativ geringe summierbare C-Faktoren aus, was die kalkulierten Abtragsmengen lt. der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) vergleichsweise niedrig hält.

Der potenzielle **Bodenabtrag, der insgesamt durch das Programm vermieden wurde**, beläuft sich auf mindestens 105.339 t und maximal 220.600 t in den Jahren des jeweiligen Förderhöchststandes, wovon der Großteil auf den Flächen geringer und mittlerer Wassererosionsgefährdung vermieden wurde. Über alle geförderten Maßnahmen hinweg wurden in der Summe zwischen ca. 6 t und ca. 14 t Bodenmaterial pro Hektar vermieden. Im Mittel waren dies jährlich zwischen 2,2 t und 4,7 t vermiedener Abtrag pro Hektar Förderfläche. Hingegen betrugen die mittleren Abtragsraten pro Hektar über alle Maßnahmen zwischen 0,2 t und 0,3 t pro Jahr. Ohne die Maßnahmen (E_{nat}) läge der Abtrag mit 2,1 t bis 4,3 t pro Hektar und Jahr bedeutend höher.

Insgesamt konnte durch die bodenschutzrelevanten Ackermaßnahmen ein Anteil von ca. zwei Prozent der **Winderosionskulisse** erreicht werden. Der größte Anteil innerhalb der Winderosionskulisse wurde durch die Winterbegrünung und den Ökologischen Landbau (jeweils 0,9 %) als große Flächenmaßnahmen erreicht.

Das Programm leistete einen potenziellen Beitrag zur **Kohlenstoffspeicherung im Boden** im Umfang von in der Summe rund 245.106 t C_{org}/a für die jeweils betrachteten Jahre. Der größte Teil dieser Wirkung entfiel auf den Ökologischen Landbau als Einzelmaßnahme (ca. 83.100 t C_{org}/a). Fast das Doppelte erreichten die Vielfältigen Kulturen unter Berücksichtigung der Betriebe mit einer Kombination des Ökologischen Landbaus (ca. 155.300 t C_{org} für das betrachtete Jahr). Durch die VK und Ökoförderung wurde im Vergleich zu den Betrieben ohne VK-Förderung bzw. mit konventioneller Bewirtschaftung mehr Kohlenstoff im Boden gespeichert, was sich jeweils in einer besseren Humusbilanz zeigte.

Für den Wiederaufbau Wald und den Waldumbau wurde abzüglich der vollständigen Mitnahmen eine Fläche von 1.514 ha zu einer **Veränderung der Bestockungsverhältnisse mit dem Ziel Stabilisierung und Erhöhung der Naturnähe** angerechnet. Aufgrund der Baumartenänderung insbesondere durch eine veränderte Durchwurzelung und Streuzusammensetzung sind für diese Maßnahme positive Wirkungen auch für den Bodenschutz zu erwarten. Vor allem der Übergang von Nadelwäldern zu Misch- oder Laubwäldern hat signifikante Auswirkungen auf den Boden sowohl in physikalischer, chemischer als auch biologischer Hinsicht.

Die **investive Maßnahme** NuL hat sehr positive Effekte durch das Einbringen von Hecken/Knicks und das Umwandeln von Ackerland zu Grünland. Zusammen wurden ca. 14 % der Projekte als bodenschutzrelevant eingestuft, welche vor allem durch die Kicks zum Winderosionsschutz und zur Kohlenstoffspeicherung im Boden beitrugen.

Maßnahmen zur Förderung des Humankapitals (spezifische Weiterbildung, Beratung Nachhaltigkeit, Beratung Gewässerschutz) und **Europäische Innovationspartnerschaften** „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ hatten insgesamt eine geringe positive Wirkung auf die betrachteten Bewertungskriterien im landwirtschaftlichen Raum. Die Wirkungen bei der Weiterbildung und den Beratungen sind vorwiegend gering und indirekt. Zum einen liegt dies an der nicht vorhandenen Bodenschutzprogrammierung der Maßnahmen und der dadurch fehlenden Adressierung der Wirkungsfaktoren wie z. B. wichtige Kulissen (Erosionsschutz). Zum anderen an den langen und z. T. indirekten Wirkungsketten der Verfahren, Vorhaben und Projekte. Sie sensibilisieren und können erst bei Umsetzung z. B. der durch die Beratung angestoßene Wirtschaftsweise und/oder Etablierung der Innovationen (EIP-Agri) zu Bodenschutzeffekten führen.

Wirksamkeit

Die Wirksamkeit bezeichnet die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen zu den gesetzten Zielen. Dabei ist aus programmspezifischer Sicht der folgende **Ergebnisindikator** vorgesehen:

R10: Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten. Für diesen Ergebnisindikator werden aus diesem Bericht die Beiträge für die landwirtschaftlichen Flächen verwendet, welche durch die im SPB 4C mit prioritärem und sekundärem Ziel programmierten Maßnahmen und deren Wirkungen (Wasser- und Winderosionsschutz, Kohlenstoffspeicherung im Boden) erreicht wurden. Gemäß dem Monitoring erreichte Schleswig-Holstein 76.404 ha landwirtschaftliche Fläche durch den Ökolandbau. Dies entspricht ca. 7,67 % der LF in SH. Um den Ergebnisindikator einzuordnen, sieht das LPLR den entsprechenden Zielindikator T12, mit einem Wert 54.000 ha landwirtschaftliche Fläche, vor. Diese Fläche entspricht 5,42 % der landwirtschaftlichen Fläche in SH (MELUND, 2021). Das bedeutet, dass der zum Ergebnisindikator gehörende Zielindikator mit den geförderten landwirtschaftlichen Flächen mit 141 % übererfüllt wurde (vgl. Tabelle 32).

Der R10-Indikator ist rein outputbasiert; die Zuordnung der Maßnahmen ergibt sich aus einer Ex-ante-Einschätzung des Wirkpotenzials. Die Analysen im vorliegenden Bericht, mit denen die Wirkungen auf der Grundlage der erfolgten Umsetzung abgeschätzt wurden, ergeben ausgehend von Tabelle 31 einen ähnlichen Flächenumfang. Hierbei wurden alle Ackerflächen der relevanten AUKM und des Ökologischen Landbaus[16] zusammengezogen.

Tabelle 32: Übersicht der Programmwirkung auf den bodenschutzrelevanten Ergebnisindikator

Nummer	Bezeichnung	Wert	Einheit	Jahr	Zielsetzung der Zielindikatoren	Zielerreichungs-grad [%]
R10	Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten	76.404 7,67	ha %	2020 [1)], 2023 [2)]	54.000 ha landwirtschaftliche Fläche 5,42 % der landwirtschaftlichen Fläche	141

1) 11.1 = 2020

2) 11.2 = 2023

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Angaben aus dem Programm (8.1, MELUND, 2021) und Daten des Monitorings (MEKUN, 2025).

Gesetzliche, quantifizierte nationale Ziele oder Zielwerte für den Boden im Rahmen der Kohlenstoffspeicherung als Emissionspool für SH waren nicht vorhanden. In Bezug auf die gesetzliche, im Rahmen der EU durch den Green-Deal geforderten Reduzierung der Bodenerosion (EU-KOM, 2020) konnte belegt werden, dass durch das Programm eine Fläche von insgesamt 2,2 % der $CC_{Wasser}1$- und $CC_{Wasser}2$-Kulisse erreicht wurde. In Bezug auf die Winderosion wurden 2,3 % der CC_{Wind}-Kulisse durch die Fördermaßnahmen erreicht. Der Beitrag für den Erosionsschutz ist als gering einzustufen. Dies ist darin begründet, dass die AUKM und der Ökolandbau an sich wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Wasser- und Winderosion darstellen, die allerdings eine geringe Reichweite erzielen. Für die Ackerflächen der relevanten Maßnahmen konnte ein Bodenabtrag von minimal 0,11 Mio. t/a bis maximal 0,22 Mio. t/a in den betrachteten Jahren durch den Schutz vor Wassererosion vermieden werden. Die Waldmaßnahmen Wiederaufbau Wald und Waldumbau tragen zur Verbesserung des Bodenschutzes im Wald bei, was u. a. zum Erreichen des bundesweiten Meilensteins der Anpassung der Wälder an den Klimawandel bis 2030 gemäß der Waldstrategie 2050 beiträgt (BMEL, 2021b). Schleswig-Holstein adressiert mit den beiden Maßnahmen passgenau das entsprechende Ziel gemäß des Klimaschutzprogrammes 2030, den Waldumbau zu klimaangepassten Mischwäldern bis 2030 einzuleiten (MEKUN, 2024b). Basierend auf der neu bestockten Waldfläche werden die 1.824 ha (Förderdaten des Landes 2015-2022, MELUND, div. Jgg.)

[16] Beim Ökolandbau wurden nur die geförderten Ackerflächen mit der Lage innerhalb SH herangezogen (2022).

herangezogen. Dies entspricht einem Prozentsatz von 1,0 % der forstwirtschaftlichen Fläche. Werden die identifizierten Mitnahmeeffekte berücksichtigt, reduziert sich die wirksame Fläche auf 1.514 ha, was wiederum 0,8 % der forstwirtschaftlichen Fläche Schleswig-Holsteins entspricht (MLLEV, 2024).

Die Wirkungen des Programms auf den **Basistrend** bzw. auf die **Kontextindikatoren** werden anhand der Wirkungsindikatoren I.12 Gehalt des Bodens an organischer Materie in Ackerland und I.13 Bodenerosion durch Wasser dargestellt. Für den Wirkungsindikator I.12 sind alle AUKM mit sekundärem Bodenschutzziel und der Ökolandbau mit prioritärem Bodenschutzziel relevant (Tabelle 33). Zusammen tragen sie 0,2 Mt organischen Kohlenstoff in den Boden ein und damit zum zweiten Unterindikator bei. Zum aktuellen C.41-Wert von ganz Deutschland ist dies ein sehr geringer Beitrag. Der erste Unterindikator kann mit den errechneten Angaben nicht bedient werden.

Tabelle 33: Übersicht der Programmwirkung auf die bodenschutzrelevanten Wirkungsindikatoren

Nummer	Bezeichnung	Einheit	Kontextindikator Wert Deutschland	Kontextindikator Wert Schleswig-Holstein	Kontextindikator Jahr	Wirkungsindikator (SH) Wert	Wirkungsindikator (SH) Jahr
I.12	**Soil organic matter in arable land**		**C. 41**				
	mean organic carbon content	g/kg	26,5	27,1 [2)]	2018	-	-
	total estimate of organic carbon content in arable land [1)]	Mt	1.004		2018	0,2	2017, 2019, 2022, 2024
	davon Ackerland		620	61,8	2013 (SH), 2018 (D)		
I.13	**Soil erosion by water**		**C.42**				
	Estimated rate of soil loss by water erosion	t / ha / year	1,23	0,5	2016	0,2 bis 0,3	2017, 2022
	Estimated agricultural area affected by a certain rate of soil erosion by water (> 11 t/ha/a) [2)]	1000 ha	0,3	0,2	2016	0,0	
		% of the total agricultural area	1,4	0	2016	0,0	

1) Angegeben ist der zusätzliche Eintrag von Kohlenstoff in den Boden.

2) Auf Ackerland bezogen.

3) Basierend auf den bewirtschafteten Ackerflächen (AUKM, ÖKO) mit Abträgen über 11 t/ha/a. Bezugsgröße ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche von SH (2022).

Quelle: Eigene Darstellung mit den Werte von EU-COM, 2015, 2018b, 2020; MELUND, 2021 sowie EU-COM, 2019.

Der Beitrag des Programms zur Kohlenstoffspeicherung im Boden kann anhand des Wertes des ersten C.41-Unterindikators von 620 Mt durchschnittlichem Kohlenstoffgehalt im Ackerland (Bezugsrahmen Deutschland, 2018) gemessen werden. In SH liegt der Wert des Ackerlandes (2013, Schätzung) bei 61,8 Mt (MELUND, 2021). Der gesamte Kohlenstoffeintrag des Programms umgerechnet in Megatonnen (0,2 Mt) ist im Vergleich dazu zu bewerten. Der Beitrag ist demnach als sehr gering positiv einzuschätzen. Zu beachten ist, dass mit dem Unterindikator der Gehalt im Boden (0 bis 20 cm) als Vorrat betrachtet wird (EU-COM, DG AGRI, 2023), wohingegen mit den Maßnahmen nur der zusätzliche Eintrag kalkuliert werden konnte. Diese beiden Größen sind nicht gleichzusetzen. Gemäß der Daten von Mordhorst et al. (2018) weisen die obersten 90 cm der Böden Schleswig-Holsteins einen Vorrat von 244 Mt C_{org} auf. Die betrachteten Maßnahmen liefern eine zusätzliche Menge von im Mittel 4,7 t C_{org}/ha und Jahr. Der Anteil des jährlichen Eintrags am Vorrat entspricht 0,1 %.

Der Kontextindikator C.42 Bodenerosion durch Wasser wird in SH mit einem Wert von 0,5 t/ha*a für das aktuell verfügbarste Jahr 2016 angegeben (EU-COM, 2019). Auf den Ackerflächen der relevanten AUKM und des Ökologischen Landbaus wurde ein mittlerer Bodenabtrag von 0,2 bis 0,3 t/ha*a kalkuliert, was deutlich unter dem schleswig-holsteinischen Wert für den ersten C.42-Unterindikator liegt. Für den zweiten Unterindikator von C.42 wird eine Grenze von 11 t/ha/a aufgeführt. In SH wurde durch die bodenschonende Bewirtschaftung der AUKM und des Ökolandbaus kein Bodenabtrag in dieser Größenordnung kalkuliert. Die mit der ABAG kalkulierten Bodenabträge der betrachteten Maßnahmen weisen ein Maximum von 10,3 t/ha*a auf 0,4 ha beim Ökolandbau

in der höchsten Erosionsgefährdung CC_{Wasser}2-Klasse. Damit tragen die Maßnahmen nicht direkt zur Entwicklung des zweiten C.42 Unterindikators bei.

Diskussion:

Das planaufstellende Ministerium und die beteiligten Fachreferate haben mit den Zielsetzungen im LPLR angestrebt, mit acht Maßnahmen, darunter zwei AUKM und Ökolandbau, den Bodenschutz zu verbessern, allerdings überwiegend als sekundäres Ziel (vgl. Tabelle 9). Neben dem Ökolandbau sind es vor allem die beiden Flächenmaßnahmen Winterbegrünung und vielfältige Kulturen, die einen großen Beitrag zu den Bewertungskriterien in/auf die Ackerflächen entfalten. Diese wurden jedoch nur in den ersten beiden Jahren 2015 und 2016 zur Neuantragstellung geöffnet. Beide ursprünglich im Programm gesetzten Zielwerte wurden erreicht. Allerdings waren in den nachfolgenden Jahren keine Neuantragstellungen mehr möglich. Zum einen hatte dies zur Folge, dass kein Budget mehr investiert wurde. Zum anderen konnten dadurch keine zusätzlichen Flächen von der Förderung erreicht werden, auf denen dann Ressourcenschutzeffekte wirksam werden. Eine Umschichtung der Gelder innerhalb der AUKM hätte eine größere Fläche erreicht. Auch die jeweiligen Flächenziele hätten im Laufe der Förderperiode angehoben werden können. Somit besteht in diesem Punkt ein zu wenig genutztes Potenzial bzw. eine nicht ausreichend genutzte Chance, mit den Maßnahmen weitere Beiträge zum Bodenschutz und damit auch zu den gesetzten Zielen der Kohlenstoffspeicherung im Boden (MEKUN, 2024b; EWKG) zu erbringen. Unabhängig davon sind die Beiträge der AUKM und des Ökolandbaus jedoch sehr gering. Deutliche größere Beiträge zur Kohlenstoffspeicherung im Boden können mit der Moorwiedervernässung geleistet werden, auf diese SH auch verstärkt setzt (Albrecht et al., 2017; Tiemeyer, 2023; LLUR, 2015).

6 Kosten-Wirksamkeit (Effizienz)

In der Effizienzbetrachtung wird den Kosten die Wirksamkeit gegenübergestellt (zur Methode siehe Fährmann und Grajewski, 2013). Damit lässt sich die relative Effizienz von Maßnahmen oder Maßnahmenbündeln abbilden. Die Kosten umfassen die Implementationskosten (IK) der Verwaltung und die verausgabten öffentlichen Mittel. Die Implementationskosten wurden auf der Basis einer empirischen Erhebung (Fährmann und Grajewski, 2018) zum Aufwand aller mit der Umsetzung des LPLR befassten Einheiten ermittelt. Die Ergebnisse sind in Grajewski und Becker (2026) dargelegt. Die Wirkungen auf den Bodenschutz (siehe Kapitel 5) beziehen sich zum einen auf die Vermeidung von Erosion, sowohl Wasser als auch Wind, und zum anderen auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden. Zwei Wirkungsindikatoren werden berechnet (siehe Kapitel 5.8):

- max. vermiedener Bodenabtrag aufgrund von Wassererosion in Tonnen,
- gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden in Tonnen.

Nur für die flächenbezogenen Maßnahmen konnten Wirkungsindikatoren quantifiziert werden. Auf diese konzentriert sich im Folgenden die Effizienzbetrachtung, auch wenn es zahlreiche investive Maßnahmen (mit und ohne explizite Zielsetzung) gibt, die auch einen Bodenschutzeffekt hatten (siehe Tabelle 11). Diese Effekte konnten aber anhand der Wirkungsindikatoren nicht quantifiziert werden.

6.1 Implementations- und Gesamtkosten

Die Implementationskosten liegen bei den Flächenmaßnahmen[17] im Mittel bei 12 Euro je Hektar mit erheblichen Unterschieden zwischen den Maßnahmen (siehe Tabelle 34). Die geringsten Kosten je Hektar Förderfläche weist der Ökologische Landbau auf, gefolgt von den Vielfältigen Kulturen im Ackerbau. Der Vertragsnaturschutz weist die höchsten Implementationskosten je Hektar auf. Dies ist auf vielfältige Ursachen zurückzuführen, die vor allem

[17] Einbezogen wurde auch der Vertragsnaturschutz, auch wenn dieser kein explizites Ziel im Bodenschutz hatte.

in der finanziellen Ausstattung der Maßnahmen, im Umfang der Inanspruchnahme und am Maßnahmendesign liegen (siehe Grajewski und Becker, 2026, Kapitel 6.5).

Tabelle 34: Implementations- und Gesamtkosten der Flächenmaßnahmen

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro [2]	Öffentliche Mittel [1] in Euro	Output [1]		IK je Hektar Förderfläche in Euro	Gesamtkosten je Hektar Förderfläche in Euro
VA 10.1.1	Winterbegrünung	140.000	518.175	8.101	ha	17,3	81
VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen	132.000	1.391.449	14.484	ha	9,1	105
TM 11.1/2	Einführung/Beibehaltung Ökolandbau [3]	240.121	8.280.033	33.265	ha	7,2	256
VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz [4]	231.582	2.144.280	6.152	ha	37,6	386
Gesamt		743.703	12.333.937	62.002	ha	12,0	211

1) Wert zeigt die Flächen (InVeKoS) des für die Wirkungsabschätzung genutzten Jahres an und die dazugehörigen jährlichen Mittel gemäß jährlichem Durchführungsbericht. Beim Ökolandbau und beim Vertragsnaturschutz wurden die öffentlichen Mittel für die in Wirkungsbetrachtung einbezogenen Flächen überschlägig geschätzt.
2) Die Implementationskosten des Ökolandbaus und des Vertragsnaturschutzes wurden auf den in der Wirkungsbetrachtung einbezogenen Maßnahmenteil bezogen.
3) nur Ackerfläche
4) nur Ackerlebensräume

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), MELUND und MEKUN (versch. Jgg.), InVeKoS-Daten.

Gesamtbetriebliche und betriebszweigbezogene Maßnahmen sind deutlich günstiger in der Umsetzung, weil sie über ein größeres Budget und größere Flächenumfänge verfügen und zudem sehr standardisiert umgesetzt werden. Skaleneffekte werden wirksam. Die Umsetzung erfolgt über die bewährten Strukturen des LLUR (seit 2023 LLnL). Die Winterbegrünung hatte Auflagen, die ihre Inanspruchnahme begrenzte und zudem Konkurrenz durch die ÖVF-ZWF. Dadurch blieb der Flächenumfang gering, die hektarbezogenen Implementationskosten liegen damit höher. Der Vertragsnaturschutz ist eine Biodiversitätsmaßnahme, weist daher ein hohes Auflagenniveau auf und ist sehr individuell gestaltet, in Abhängigkeit der im Vordergrund stehenden Biodiversitätsziele. Die Implementationskosten fallen daher höher aus. Für die Ackerlebensräume, die als relevant für den Bodenschutz angesehen wurden, liegen die Implementationskosten je Hektar von allen Vertragsmustern sogar am höchsten. Dies ergab ein qualitatives Ranking in der empirischen Erhebung (Fährmann und Grajewski, 2018) (siehe Grajewski und Becker, 2026, Abbildung 21).

Die Gesamtkosten (Summe aus IK und Prämie) werden bestimmt von den gewährten Prämien je Hektar, mit denen Kosten und Einkommensverluste ausglichen werden sollen. Die Prämien fallen in Anhängigkeit der Maßnahmenausgestaltung sehr unterschiedlich aus.

Bei allen stärker produktionsintegriert ausgerichteten Maßnahmen fallen die Opportunitätskosten und damit auch die Prämiensätze je Hektar deutlich geringer aus als bei den Maßnahmen, bei denen Flächen aus der Produktion genommen werden oder deutlich extensiviert wird bzw. die vorherrschende extensive Nutzung beibehalten werden soll (Vertragsnaturschutz). Daher sind die Gesamtkosten je Hektar beim Vertragsnaturschutz am höchsten.

6.2 Vermiedener Bodenabtrag durch Wassererosion

Für drei Flächenmaßnahmen wurden Wirkungen auf die Verminderung des Risikos von Bodenabtrag durch Wasser berechnet werden. Für die Vielfältigen Kulturen im Ackerbau wurde kein Effekt auf den Erosionsschutz gesehen. Die CC_{Wasser}-Kulisse wurde insgesamt nur von 2,2 % der relevanten Flächenmaßnahmen erreicht (siehe Tabelle 31). Absolut ist die Leistung des Ökolandbaus zur Vermeidung des Bodenabtrags am höchsten (siehe Tabelle 35). Bezogen auf die Fläche ist der Vertragsnaturschutz am leistungsfähigsten, wegen eines geringen C-Faktors und seines Flächenumfangs in den Gebieten mit höherer Erosionsgefährdung (siehe Kapitel 5.6.1).

Die Implementationskosten je Tonne vermiedenem Bodenabtrag liegen beim Ökolandbau am geringsten, am höchsten beim Vertragsnaturschutz (aufgrund der Ausrichtung auf Biodiversität). Bei den Gesamtkosten schneiden die Zwischenfrüchte am günstigsten ab, gefolgt vom Ökologischen Landbau.

Tabelle 35: Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Vermeidung von Wassererosion

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro [2)]	Öffentliche Mittel [1)] in Euro	Wassererosion max. vermiedener Bodenabtrag pro Jahr in Tonnen	IK je Tonne vermiedener Bodenabtrag in Euro	Gesamtkosten je Tonne vermiedener Bodenabtrag in Euro
VA 10.1.1	Winterbegrünung	140.000	518.175	29.621 t	4,7	22
TM 11.1/2	Einführung/Beibehaltung Ökolandbau [3)]	240.121	8.280.033	158.945 t	1,5	54
VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz [4)]	231.582	2.144.280	32.034 t	7,2	74
Gesamt		611.703	10.942.487	220.600 t	2,8	52

Fußnoten siehe Tabelle 34

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), MELUND und MEKUN (versch. Jgg.), InVeKoS-Daten.

Brand-Sassen (2004) hat für verschiedene Maßnahmen des Bodenschutzes in der Landwirtschaft eine ökonomische Bewertung vorgenommen. Neben einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse hat er auch eine Kosten-Nutzen-Analyse vorgenommen, d. h. die Wirksamkeit wurde monetär bewertet. Nach seinen Berechnungen ergibt sich durch die Verhinderung des Verlustes einer Tonne Oberboden ein (einzelbetrieblicher) Nutzen von rund 4,8 Euro je Tonne. Unter Berücksichtigung der gesamten Offsite-Schäden durch Bodenerosion fällt der Nutzen allerdings noch höher aus. So fallen beispielsweise durch Sedimentbeseitigung externe Kosten in Höhe von sieben Euro je Hektar an (Brand-Sassen, 2004, S. 148).

Würde der einzelbetriebliche Nutzen von 4,8 Euro in heutigen Preisen ausgewiesen, läge er unter Zugrundelegung der Inflation seit 2004 bei 17,8 Euro je Tonne vermiedenen Bodenabtrag. In Relation zu den öffentlichen Mitteln, mit denen die einzelbetrieblichen Kosten und Ertragsverluste ausgeglichen werden sollen, entspricht der so berechnete einzelbetriebliche Nutzen nur bei den Zwischenfrüchten den ausgezahlten öffentlichen Mitteln. Der Anbau von Zwischenfrüchten dürfte demzufolge auch ohne öffentliche Förderung schon aus betriebswirtschaftlichen Erwägungen auf Interesse stoßen, wobei der Erosionsschutz nur ein positiver Umweltaspekt des Zwischenfruchtanbaus ist. Nach Angaben der Landwirtschaftszählung 2020 ist der Anbau von Zwischenfrüchten kontinuierlich gewachsen, von 23.600 ha in 2009/2010 auf 71.700 ha in 2019/2020 (Statistikamt Nord, 2021). Diese Zunahme ist nur in Teilen auf Förderung zurückzuführen. Neben den LPLR-Zwischenfrüchten gab es noch die ÖFV-Zwischenfrüchte (12.145 ha in 2020) (Reiter et al., 2024, Tabelle 9). Betriebswirtschaftliche Erwägungen dürften demnach (neben Veränderung im Ordnungsrecht) den Zwischenfruchtanbau anregt haben.

Rein aus einer betriebswirtschaftlichen Nutzenperspektive, also der Verhinderung von Onsite-Schäden, dürfte das Interesse zur Inanspruchnahme des Ökolandbaus gering sein, da die öffentlichen Kosten je Tonne vermiedenem Bodenabtrag deutlich über dem von Brand-Sassen (2004) berechneten einzelbetrieblichen Nutzen liegen, wobei einschränkend angemerkt werden muss, dass der Ökolandbau den Bodenschutz als eines von vielen Zielen adressiert, wenn auch mit einem prioritären Ziel.

Aus einzelbetrieblicher Sicht würde sich ein günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis ergeben, wenn die Betriebe verursachte Off-Site-Schäden in ihre betrieblichen Anbauentscheidungen einbeziehen müssten, wie z. B. Einträge von Bodenmaterial und damit auch Nährstoffen (insbesondere Phosphat) oder Verschlämmungen von Wegen.

6.3 Kohlenstoffspeicherung im Boden

Vier Flächenmaßnahmen hatten Effekte auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden. Absolut der größte Effekt wurde für den Ökolandbau berechnet, gefolgt von den Vielfältigen Kulturen im Ackerbau.

Hinsichtlich der Implementationskosten je Tonne gespeicherter Kohlenstoff im Boden schneiden die Vielfältigen Kulturen und der Ökolandbau am günstigsten ab (siehe Tabelle 36). Die beiden anderen Maßnahmen verursachen größere Kosten. Die Gründe wurden schon weiter oben diskutiert.

Tabelle 36: Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro [2)]	Öffentliche Mittel [1)] in Euro	Kohlenstoff-speicherung im Boden gespeicherte Menge an Kohlenstoff pro Jahr in Tonnen	IK je Tonne gespeicheter Kohlenstoff in Euro	Gesamtkosten je Tonne gespeicheter Kohlenstoff in Euro
VA 10.1.1	Winterbegrünung	140.000	518.175	2.592 t	54,0	254
VA 10.1.3	Vielfältige Kulturen	132.000	1.391.449	155.272 t	0,9	10
TM 11.1/2	Einführung/Beibehaltung Ökolandbau [3)]	240.121	8.280.033	83.120 t	2,9	103
VA 10.1.8	Vertragsnaturschutz [4)]	231.582	2.144.280	4.122 t	56,2	576
Gesamt		743.703	12.333.936	245.105 t	3,0	53

Fußnoten siehe Tabelle 34

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), MELUND und MEKUN (versch. Jgg.), InVeKoS-Daten.

Hinsichtlich der Gesamtkosten schneiden die Vielfältigen Kulturen am günstigsten ab. Aufgrund der höheren Prämien je Hektar liegen die Gesamtkosten beim Ökolandbau höher. Die Zwischenfrüchte sind mit mehr als doppelt so hohen Kosten im Vergleich zum Ökolandbau je Tonne gespeichertem Kohlenstoff verbunden. Der Vertragsnaturschutz schneidet kostenmäßig am schlechtesten ab, zielt aber (bis auf die zwei Vertragsmuster Weide-Wirtschaft Moor und Grünlandwirtschaft im Moor) auch nicht vorrangig auf die Kohlenstoffspeicherung.

Eine Studie aus Österreich hat die Kosten verschiedener Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung untersucht (Meyer et al., 2023). In der Rangfolge sind die Kosten mit unseren Ergebnissen vergleichbar. Zum Beispiel gehören die Maßnahmen, die nicht produktionsintegriert erfolgen, sondern keine ackerbauliche Nutzung zulassen bzw. die ackerbauliche Nutzung stark einschränken, wie der Vertragsnaturschutz, auch in der österreichischen Studie zu den Maßnahmen mit hohen Kosten je Tonne Kohlenstoff (Meyer et al., 2023, Abbildung 1).

Insgesamt umfassen die Maßnahmen, die positive Effekte auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden haben, rund 52.000 Hektar Ackerfläche. Bezogen auf die Ackerfläche in SH von im Jahr 2024 657.100 Hektar liegt der Anteil von geförderten Flächen mit Wirkungen auf die Kohlenstoffspeicherung bei rund acht Prozent. Die berechnete Kohlenstoffspeicherung der Flächenmaßnahmen liegt in Relation zu dem Kohlenstoffvorrat bei rund vier Prozent. Diese Wirkung ist aber begrenzt auf die Dauer der Förderung. Ändert sich durch einen Ausstieg aus der Maßnahme die Bewirtschaftung, dann fallen auch die Effekte auf die Kohlenstoffspeicherung weg. Höchstens bei den Ackerlebensräumen kann davon ausgegangen werden, dass durch naturschutzrechtliche Festlegungen die Bewirtschaftung auch längerfristiger gesichert ist.

6.4 Fazit

Bei der Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Effizienz ist sowohl bei der Wassererosion als auch bei der Kohlenstoffspeicherung zu berücksichtigen, dass die Wirkungen der Flächenmaßnahmen an die Dauer der Förderung gebunden sind. Sobald die Förderung wegfällt, dürften viele Betriebe ihre Bewirtschaftung auch wieder umstellen. Bei investiven Maßnahmen, deren Effekte aber nicht quantifiziert werden konnten, sind die Wirkungen ggf. deutlich nachhaltiger. Bei Bildung und Beratung hängt die Dauer von Wirkungen vor allem davon

ab, in welchem Umfang neue Erkenntnisse oder Beratungsempfehlungen in die Praxis umgesetzt werden. Die Maßnahme Natur und Landschaft, berücksichtigt wurde die Anlage und Pflege von Hecken, trägt langfristig zur Kohlenstoffspeicherung und auch zum Erosionsschutz (sowohl Wasser als auch Wind) bei, verursacht aber nach Meyer et al. (2023) vergleichsweise hohe Kosten je Tonne Kohlenstoff.

7 Beitrag zur Beantwortung der Bewertungsfragen

7.1 Zusammenfassende Bewertung des Programms zum Bodenschutz

Im folgenden Kapitel wird die Bewertungsfrage 10 beantwortet.

Bewertungsfrage 10 Beitrag des Programms zur Verhinderung der Bodenerosion und zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung.

Der Beitrag des Programms zur Reduzierung von Wasser- und Winderosion und zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung geht auf die Maßnahmen mit programmiertem Bodenschutzziel im SPB 4C zurück. Diese umfassen die Bildungs- und Beratungsmaßnahmen (spezifische Weiterbildung, Beratung Nachhaltigkeit, Beratung Gewässerschutz), verschiedene AUKM (Winterbegrünung, Vielfältige Kulturen), den Ökologischen Landbau sowie die EIP-Agri. Einen Beitrag zu dem Ergebnisindikator können nur die Flächenmaßnahmen (AUKM, Ökolandbau) mit quantifizierbaren Wirkungsbeiträgen leisten.

Der Aspekt **Bodenerosion** wird in Bezug auf die Bewertungskriterien zu Wasser- und Winderosion betrachtet. Entsprechende Wirkungsfaktoren, die durch die Maßnahmen bedient werden, sind Verkürzung der erosiven Hanglänge, Erhöhung der Bodenbedeckung, Einführung/Umsetzung einer bodenschonenden Bewirtschaftung sowie Verringerung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche (vgl. Tabelle 11). Für die Beurteilung des Beitrags des Programms zum Erosionsschutz ist der **Ergebnisindikator R10** heranzuziehen „Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten“. Für den R10-Indikator sind 76.404 ha Ackerfläche bzw. 7,7 % der LF SH anzurechnen (MEKUN, 2025). Gemessen am Wert des Zielindikators T12 (54.000 ha landwirtschaftliche Fläche, von 5,42 % der LF) hat das Programm die gesetzten Ziele zu 141 % erreicht (vgl. Tabelle 32). Da für die Bewertung der Wassererosionsschutzwirkung die Fläche alleine nicht ausreichend ist, wurden weitere Analysen durchgeführt. Im Bereich der **Wassererosion** wurden als Messgrößen die erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse (%) sowie der mithilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) kalkulierte potenzielle vermiedene Bodenabtrag (in t gesamt sowie in t/ha) herangezogen. Insgesamt konnten ca. 1,3 % der Ackerfläche in der gesamten CC_{Wasser}-Kulisse ($E_{nat}5$ und $E_{nat}6$) erreicht werden. Auf diesen Flächen wurde ein potenzieller vermiedener Bodenabtrag von minimal 0,09 Mio. t/a bis maximal 0,19 Mio. t/a gesamt kalkuliert, was einer Menge von im Mittel ca. 1,9 bis ca. 4,0 t/ha*a entspricht. In Rahmen des Schutzes vor **Winderosion** konnte durch die relevanten Maßnahmen eine Fläche von 1,8 % der stark winderosionsgefährdeten Kulisse (CC_{Wind}) erreicht werden.

Zum zweiten Aspekt der Verbesserung der Bodenbewirtschaftung wird das Bewertungskriterium der Steigerung der **Kohlenstoffspeicherung im Boden** herangezogen. Dafür sind die Wirkungsfaktoren Anbau humusmehrender Kulturen sowie das mehrjährige Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln) wichtig. Insgesamt wurde durch das Programm potenziell 240.984 t Humus C_{org} (Kohlenstoff) bei den betrachteten Jahren des Förderhöchststandes in den Boden eingetragen. Das Gros tragen der Ökolandbau und die VKA-Förderung bei, welche zusammen einen Anteil von knapp 99 % des potenziellen Kohlenstoffeintrags erbrachten.

7.2 Zusammenfassende Bewertung des Beitrags des Programms zur nachhaltigen Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen aus Bodenschutzsicht

Im folgenden Kapitel wird der Beitrag zur Beantwortung der Bewertungsfrage 28 aus Bodenschutzsicht formuliert.

Bewertungsfrage 28: In welchem Umfang hat das Programm zur Entwicklung des ländlichen Raums zum Ziel der GAP beigetragen, die nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und Klimaschutzmaßnahmen zu gewährleisten?

Der Beitrag des Programms geht auf die gesamten bodenschutzrelevanten Maßnahmen zurück. Diese umfassen im Wesentlichen Flächenmaßnahmen (Winterbegrünung, Vielfältige Kulturen, VNS Ackerlebensräume, Ökolandbau), Bildungs- und Beratungsmaßnahmen (spezifische Weiterbildung, Beratung Nachhaltigkeit, Beratung Gewässerschutz), die investive Teilmaßnahme Naturschutz und Landschaftspflege, den Wiederaufbau Wald und den Waldumbau sowie die Europäischen Innovationspartnerschaften.

Dem Untersuchungsdesign folgend wird die Wirkung des Programms zur nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen anhand des Einflusses der Maßnahmen auf die Wirkungsindikatoren gemessen. Für den Bodenschutz sind die beiden **Wirkungsindikatoren** I.12 Gehalt des Bodens an organischer Materie in Ackerland und I.13 Bodenerosion durch Wasser vorgesehen.

Der Beitrag des Programms in Bezug auf den Wirkungsindikator **I.12 Gehalt des Bodens an organischer Materie in Ackerland** stellt sich positiv dar. Durch das Programm konnten jährlich potenziell insgesamt 245.106 t C_{org} bzw. 0,2 Mt C_{org} zusätzlich im Boden eingespeichert werden (vgl. Tabelle 33). Zum einen basiert das Ergebnis auf den Angaben der vereinfachten Humusbilanz, welche vorwiegend von den angebauten Kulturarten abhängig ist, und auf Vielfältige Kulturen im Ackerbau und Ökologischer Landbau (geförderte Ackerflächen) angewendet wurde. Aufgrund nicht vorhandener Daten konnte die Zufuhr des organischen Düngers nicht berücksichtigt werden, was für eine vollständige vereinfachte Humusbilanzierung notwendig gewesen wäre. Zum anderen wurden wissenschaftliche Werten aus der Literaturrecherche zum eingetragenen Kohlenstoff oder den Werten der VDLUFA für die anderen Maßnahmen herangezogen und mit der jeweils erreichten Förderfläche multipliziert. Insgesamt leistet der Ökolandbau als Einzelmaßnahme, gefolgt von der VK-Förderung (mit und ohne ÖKO-Kombination), den stärksten Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden, v. a. da ein deutlich höherer Anteil humusmehrender Kulturen angebaut wurde. Die Bildungs- und Beratungsmaßnahmen leisten durch die Sensibilisierung zu den wenigen bodenschutzrelevanten Themen einen geringen positiven Ressourcenschutzbeitrag. Als investive Maßnahme leistete Naturschutz und Landschaftspflege einen direkten positiven aber nicht quantifizierten Beitrag zur Humusanreicherung im Boden mit dem Einbringen der Hecken/Knicks. Allerdings sind die Beiträge insgesamt im Vergleich zu den Flächenmaßnahmen zu vernachlässigen, da mit den investiven Maßnahmen überwiegend andere Zielsetzungen und nicht der Bodenschutz verfolgt wurden. Von 34 geförderten Vorhaben der EIP-Agri behandelten acht bodenschutzrelevante Themen. Die daraus resultierenden Bodenschutzwirkungen können sich erst langfristig nach Verbreitung der Innovationen entfalten. Der Beitrag des EIP-Agri ist daher ebenfalls als gering positiv zu bewerten.

Für den Wirkungsindikator **I.13: Bodenerosion durch Wasser, Anteil der Förderflächen auf besonders erosionsgefährdeten Flächen**, sind zwei Unterindikatoren vorgesehen (vgl. Tabelle 33):

- Zum einen die geschätzte Rate an Bodenverlust durch Wassererosion, gemessen in t/ha/a.
- Zum anderen die geschätzte landwirtschaftlichen Nutzfläche, die durch eine gewisse Wassererosionsrate betroffen ist, sowohl in ha als auch in Prozent.

Für den ersten Unterindikator kann der quantifizierte Wert der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) herangezogen werden, welcher den kalkulierten minimalen und maximalen Bodenabtrag der

Flächenmaßnahmen pro ha und Jahr zu den jeweils betrachteten Jahren (2017, 2022) abbildet. In der Summe sind dies zwischen ca. 0,2 und ca. 0,3 t/ha. Der zweite Unterindikator wird bedient, indem die mit den relevanten Maßnahmen bewirtschafteten Ackerflächen mit Abtragswerten über 11 t/ha/a herangezogen werden. Da durch die Fördermaßnahmen der Abtrag basierend auf den ABAG-Kalkulationen diese Grenze nicht überschritt (Maximum lag bei 10,3 t/ha*a für 0,4 ha beim Ökolandbau in der $CC_{Wasser}2$ Klasse), sind für die Hektar- und Prozentangaben ein Nullbeitrag einzuberechnen. Die Wirkungsbeiträge zu den geringen Bodenabträgen gehen auf die hohe Bodenbedeckung (wie z. B. bei den VNS-Ackerlebensräume, was einem geringen Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor entspricht) zurück. Wie auch beim I.12 ist der Beitrag der Bildungs- und Beratungsleistungen als sehr gering einzustufen, da Wirkungen erst über lange Wirkungsketten stattfinden können. Ein Beitrag der investiven Maßnahme Naturschutz und Landschaftspflege zum Schutz des Bodens vor Wasser- und Winderosion geht nur auf einen geringen Anteil (14 %) der Vorhaben zurück, bei denen vor allem Knick/Hecken neu gepflanzt wurden. Die Wirkungen sind demnach als gering positiv einzustufen. Bei der EIP-Agri Förderung ist das erfolgreiche Etablieren der Innovationen in der Praxis die Voraussetzung für eine Wirkung in der Fläche, weshalb auch hier der Wirkungsbeitrag als gering positiv einzustufen ist.

Zur nachhaltigen Bodenbewirtschaftung tragen auch die beiden Maßnahmen **Wiederaufbau Wald und Waldumbau** bei. Mit dem Etablieren stabiler und standortgerechter Laub- und Mischwälder durch **veränderte Bestockungsverhältnisse** wird die Bodenqualität sowohl in physikalischer, chemischer als auch biologischer Hinsicht signifikant verbessert. Die ist z. B. auf die veränderte Durchwurzelung und Streuzusammensetzung der eingebrachten Laubbäume zurückzuführen. Eine Waldfläche von 1.514 ha wurde von 2015 bis einschließlich 2022 mit den Fördermaßnahmen erreicht (Förderdaten des Landes).

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Aufbauend auf den Erkenntnissen des Kapitels 5 werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen für ausgewählte Maßnahmen bzw. für das Gesamtprogramm abgeleitet. Sie werden nacheinander aufgeführt und dabei jeweils für die betrachteten Bewertungskriterien thematisiert. Die Empfehlungen beinhalten auch notwendige Anpassungen der Maßnahmen für die nächste Förderperiode und den Regelungsrahmen, um den geforderten Bodenschutzbeitrag des Programms zu erweitern.

Die Mitgliedstaaten haben innerhalb des gesetzten EU-Rahmens große Freiheitsgrade, ihre Förderpolitik auszugestalten. Dies betrifft zum einen das grundsätzliche Verhältnis zwischen ordnungsrechtlichen Festlegungen und freiwilligen Maßnahmen, zum anderen auch die Detailausgestaltung von Maßnahmen im Rahmen der zweiten Säule und seit 2023 auch der Ökoregelungen der ersten Säule der GAP zum Bodenschutz.

In der FP ab 2023 werden zwar einige der hier betrachteten Maßnahmen nicht vergleichbar im Rahmen des GAP-Strategieplans angeboten, u. a. weil diese teilweise durch die bundesweit angebotenen Ökoregelungen ersetzt wurden. Die Empfehlungen können aber sowohl im Fachrecht als auch in Fördermaßnahmen berücksichtigt werden, um den Bodenschutz zu verbessern.

Anhebung der Konditionalität im Rahmen der bodenbezogenen GLÖZ-Standards

Die GLÖZ-Standards als Basis für die Konditionalität der ersten Säule sind sehr gut geeignet, die Handlungsfelder Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden zu bedienen, da über 98,3 % der LF in SH über die Direktzahlungen erreicht wurden (DESTATIS, 2024). Hier wäre eine Anhebung der GLÖZ-Standards aus Bodenschutz sinnvoll, um das Umweltniveau der ersten Säule anzuheben. Beispielsweise könnten bei den neuen $K_{Wasser}1$ und $K_{Wasser}2$-Kulissen mit den folgenden Elementen gearbeitet werden (Westphal, 2009; Honecker et al., 2022; Berens et al., 2022; Steininger und Wurbs, 2023):

- Erweiterung der zeitlich verpflichtenden Bodenbedeckungszeit
- Verpflichtende Bewirtschaftung quer zum Hang

- Konservierende Bodenbearbeitung/Direktsaat
- Streifenbearbeitung im Sinne des Belassens einer bodenschützenden Mulchauflage
- Schlagteilung in Hangrichtung bei großen Schlägen.

Anbieten weiterer bodenbezogener Maßnahmen und Erhöhung des LPLR-Budgets für den Bodenschutz

Die zweite Säule hat ein hohes Potenzial Maßnahmen mit Bodenschutzziel umzusetzen. Dies konnte am Beispiel der Vielfältigen Kulturen im Ackerbau und dem Ökologischen Landbau gezeigt werden. Bedient werden dort die für den Bodenschutz relevanten Wirkungsfaktoren. Allerdings wurden die von Erosion stark gefährdeten Ackerflächen durch die Maßnahmen zu wenig erreicht. Hier ist es angebracht, neue, weitere Maßnahmen anzubieten, die mehr Fläche erreichen (siehe u. a. nächster Absatz) um auch dem Handlungsbedarf gerecht zu werden. Mit Anhebung des Gesamtbudget für bodenbezogene Maßnahmen im Rahmen des ELER kann eine steigende Reichweite der Maßnahmen erzielt werden.

In der neuen Förderperiode sind mehrere Teilmaßnahmen enthalten, welche sich positiv auf den Erosionsschutz und die Kohlenstoffspeicherung im Boden auswirken. Dazu gehört z. B. die fortgeführte Förderung des Vertragsmusters Ackerlebensräume. Es gibt auch die neue Maßnahme dauerhafte Umwandlung von Ackerland in Grünlandlebensräume, welche allerdings ausschließlich mit Landesmitteln gefördert wird (GAP-Strategieplan, 2025). Durch das Bedienen der Wirkungsfaktoren beider Maßnahmen (Erhöhung der Bodenbedeckung, Verkürzung der erosiven Hanglänge, Anbau humusmehrender Kulturen, mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln)) sind positive Wirkungsbeiträge zu erwarten (MELUND, 2022b, 2022a). In anderen Bundesländern hat sich auch die Anlage von Erosionsschutzstreifen als sehr wirkungsvoll erwiesen, weshalb eine Einführung dieser Maßnahme sehr zu empfehlen ist (Scholz, 2024a, 2024b).

Weitere, bodenschutzrelevante Themen wie Bodenverdichtung und Flächenversiegelung werden durch den ELER nur randständig adressiert. Es gibt die Möglichkeiten, diese Bedarfe im Rahmen von Maßnahmen (investiv oder AUKM) aufzugreifen, z. B. in Form von Förderung bodenschonender Bewirtschaftungsmaßnahmen oder Finanzierung von Entsiegelungsvorhaben.

Gewässerschutzberatung

Da das Beratungsmodul 2.11 Bodenerosionsschutzberatung für Seen als wirkungsvoll für den Bodenerosionsschutz und die Kohlenstoffspeicherung im Boden eingestuft wurde, ist es zu begrüßen, dass diese Förderung auch in der aktuellen Förderperiode bis 2027 fortgeführt wird. Zudem wird auch ein zusätzliches Beratungsmodul für den Bodenschutz (2.7 Bodenerosionsschutzberatung) angeboten, was ebenfalls aus gutachterlicher Sicht aufgrund des Wirkungspotenzials sehr zu befürworten ist (Landesportal Schleswig-Holstein, 2024; MEKUN, 2024a).

Winterbegrünung

Die Winterbegrünung zeichnet sich durch die vergleichsweise besten Gesamtkosten je Hektar Förderfläche aus (siehe Tabelle 34). In der neuen Förderperiode nach 2027 ist ein Wiederaufgreifen der Vorhabenart sinnvoll, welche sich positiv auf den Erosionsschutz und die Kohlenstoffspeicherung im Boden auswirken. Sie könnte mit einem stärkeren Fokus auf humusmehrende Kulturen etabliert werden (unter Abgrenzung zur GLÖZ 6 in der Förderperiode ab 2023). Zudem wären Möglichkeiten in der Gestaltung der Förderauflagen gegeben, wie die Reichweite innerhalb der Erosionskulisse erhöht werden kann (siehe übernächster Absatz).

Vielfältige Kulturen im Ackerbau

Basierend auf den Ergebnissen der Effizienzanalyse, schneidet die VKA-Förderung in Bezug auf die IK und die Gesamtkosten je Tonne gespeicherten Kohlenstoff am besten ab (Tabelle 36). Demnach ist die Empfehlung, die Vorhabenart in der nächsten Förderperiode nach 2027 in SH wieder als AUKM im Rahmen des GAP-SP

anzubieten. Es bestünde zudem die Möglichkeit, die Förderung auch in Hinblick auf den Erosionsschutz weiter zu qualifizieren. Als Förderbaustein wäre die Einhaltung von einem durchschnittlichen C-Faktor von höchstens 0,2 auf Flächen der Erosionsschutzkulisse $K_{Wasser}2$ (bei C-Faktor größer als 0,25 zusätzlich Mulchsaatverfahren) und eine Bewirtschaftung parallel zum Hang möglich. Dies ist bereits in der Förderperiode ab 2023 in Hessen (Fränzke, 2025) etabliert und verspricht ein hohes Wirkungspotenzial.

Umbau des bodenbezogenen Maßnahmenangebots, Steigerung der räumlichen Reichweite

Lenkung auf die erosionsgefährdeten Flächen

Die Budgetierung der Maßnahme könnte abhängig von der Erosionsgefährdung aufgestellt werden. Das heißt, basierend auf den vorhandenen E_{nat}-Stufen bzw. K_{Wasser}-Kulisse (Wassererosion) und K_{Wind}-Kulisse (Winderosion) könnte sich die Prämienhöhe abhängig von der erreichten Gefährdungsstufe bemessen.

Prämie für erreichte, stark erosionsgefährdete Böden

Der o. g. Ansatz ist auch für die stark durch Wasser oder Wind erosionsgefährdeten Flächen denkbar. Hier bietet sich, äquivalent zu der Ausgestaltung der Maßnahmen abhängig von den E_{nat}-Stufen, auch eine gestaffelte Prämie an, die von der geförderten Fläche innerhalb der jeweiligen E_{nat}-Stufen abhängig ist. Dazu wäre eine steigende Prämienhöhe mit zunehmender Förderfläche innerhalb der jeweiligen E_{nat}-Stufe möglich.

Aktualität der Themen weiterhin wertschätzen

Auch in den nächsten Jahren werden die Ziele Wassererosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden aktuell sein. Die 2024 verabschiedete Verordnung über die Wiederherstellung der Natur (restoration law) arbeitet zum Beispiel den Wert der natürlichen Kohlenstoffspeicher und -senken für die Bekämpfung des Klimawandels heraus und wählt den Vorrat an organischem Kohlenstoff als Indikator (EU, 2024). Das zeigt, dass es aktuell notwendiger denn je ist, im ersten Schritt den standorttypischen Humusgehalt in landwirtschaftlichen Böden zu erreichen (Drexler et al., 2020) und im zweiten Schritt diesen durch kohlenstoffspeichernde Maßnahmen dauerhaft zu erhöhen (Wüstemann et al., 2023). Dies ist wichtig, da der Gehalt an organischem Kohlenstoff im Oberboden in deutschen Ackerböden gesunken ist (Flessa et al., 2018). Zudem muss auch der Eintrag an C_{org} in den Boden in Zukunft erhöht werden, da aufgrund des Klimawandel höhere Temperaturen zu einer schnelleren Zersetzung der organischen Substanz im Boden durch Mikroorganismen führen. Nur so kann das aktuelle Niveau an Vorräten des Bodenkohlenstoffs erhalten werden (Riggers et al., 2021).

Weiterhin sind die Bemühungen im Wassererosionsschutz voranzutreiben, da es im Zuge des Klimawandels zu häufigeren Starkregenereignissen im Sommer kommen wird (aufgrund der sich stärker erwärmenden Atmosphäre) und auch im Winter verstärkt erosionsauslösende Niederschlagsereignisse (größerer R-Faktor) auftreten werden (Auerswald et al., 2019).

Zudem wird die Notwendigkeit zum Handeln in der Landwirtschaft in den deutschen Strategien thematisiert: In der Ackerbaustrategie 2035 wurde als wichtiges Handlungsfeld das Thema Boden mit der Steigerung des Humusgehalts als zentraler Faktor zur Bodenfruchtbarkeit benannt und auch im Rahmen der Biodiversitätsstrategie 2030 werden wichtige bodenbezogene Themen aufgegriffen (BMEL, 2021a; BMUV, 2024).

Prinzipiell setzt SH neben dem vorsorgenden Bodenschutz, welcher z. B. Themen wie stoffliche Bodenbelastung und Monitoring umfasst, auch auf den nachsorgenden Bodenschutz, wozu die Altlastenbearbeitung zählt. Auch die Flächeninanspruchnahme wird umfassend verfolgt. Im Rahmen der aktuellen Bodennutzung wird im Bereich der Landwirtschaft neben den im vorliegenden Bericht behandelten Bewertungskriterien auch die Bodenverdichtung und die Belastung mit Dünge- und Pflanzenschutzmitteln thematisiert. Schleswig-Holstein setzt neben der GAP vor allem auf Aus- und Fortbildung zum Bodenschutz sowie die Eindämmung der Gefährdung durch Winderosion in Zusammenarbeit mit der Straßenbauverwaltung. Dieses sind weitere sinnvolle Ergänzungen zu den Maßnahmen der GAP.

Im Rahmen der Klimaanpassung und des Klimaschutzes wird auf die Erhaltung und Erhöhung des Humusgehalts der Böden abgezielt. Es sollen für den biologischen Klimaschutz verstärkt Böden in Mooren und Anmooren wiedervernässt und in der Nutzung extensiviert werden, um eine Humus- und torferhaltende Bewirtschaftungsweise, wie die dauerhafte Umwandlung von Ackerland und Dauergrünland, zu ermöglichen. Aber auch die Neubewaldung und der Waldumbau gelten als weiterer Schwerpunkt (MEKUN, 2024b; Drucksache 19/3020).

Literaturverzeichnis

AG Erosionsschutz (2017) Erosionsschutz verbessern – Abfluss in der landwirtschaftlichen Flur bremsen: Handlungsempfehlungen der Arbeitsgruppe Erosionsschutz, zu finden in <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/handlungsempfehlungen_ag_erosionsschutz_abgabe_19-01-2017_.pdf> [zitiert am 22.12.2022]

Agra-Europe Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. 23: Dok 1-Dok 9

AgrarZahlVerpflV: Verordnung über die Einhaltung von Grundanforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahlungen (2014), zu finden in <https://www.gesetze-im-internet.de/agrarzahlverpflv/AgrarZahlVerpflV.pdf> [zitiert am 14.12.2022]

Albrecht E, Reinsch T, Poyda A, Taube F, Henning C (2017) Klimaschutz durch Wiedervernässung von Niedermoorböden: Wohlfahrtseffekte am Beispiel der Eider-Treene-Region in Schleswig-Holstein. Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 95(3). doi: 10.12767/BUEL.V95I3.178

Arbeitsgruppe BEK (2016) Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft, zu finden in <www.ktbl.de> [zitiert am 2.9.2019]

Auerswald K, Ebertseder T, Levin K, Yuan Y, Prashuhn V, Plambeck NO, Menzel A, Kainz M (2021) Summable C factors for contemporary soil use. Soil & Tillage Research 213, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198721002282> [zitiert am 16.7.2021]

Auerswald K, Fischer FK, Winterrath T, Elhaus D, Maier H, Brandhuber R (2019) Klimabedingte Veränderung der Regenerosivität seit 1960 und Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen. Bodenschutz, Ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser

Baritz R, Prokop G, Romkens P, Amelung W, Trombetti M, Hijbeek R, Vries W de, Swartjes F, Römbke J, Steinhoff-Knopp B, Horn R (2023) Soil monitoring in Europe — Indicators and thresholds for soil health assessments, hg. v. European Environment Agency (EEA), zu finden in <https://www.eea.europa.eu/publications/soil-monitoring-in-europe> [zitiert am 18.1.2023]

Bathke M (2019) Fallstudien zum ländlichen Wegebau. Untersuchung im Rahmen der laufenden Bewertung des Landesprogramms Ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig - Holstein. Braunschweig: Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR), 5-Länder-Evaluation 17/2019, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/17_2019_SH_Fallstudie_Wegebau_mit_Anhang.pdf> [zitiert am 20.1.2026]

Bathke M (2025) Bewertungsbericht: „Naturschutz und Landschaftspflege“: Bericht im Rahmen der Evaluierung des Landesprogramms ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein (LPLR). Braunschweig. 5-Länder-Evaluation 5/2025, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2025/5-2025_SH_NuL_mit_Anhang.pdf> [zitiert am 17.4.2025]

Baum S, Wegmann J, Zinnbauer M, Steinhoff-Knopp B, Strassemeyer J (2025) Evaluierung der Gemeinsamen Agrarpolitik aus Sicht des Umweltschutzes III: Abschlussbericht, hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Texte, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/142_2025_texte.pdf> [zitiert am 11.11.2025]

BBodSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodeveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) (1998), zu finden in <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/BBodSchG.pdf> [zitiert am 28.11.2022]

Beck R, Rippel R (2014) Humusbilanz-Methode zur Optimierung von Bodenfruchtbarkeit und Umweltwirkung in Bayern: Stand: 11/2024, hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) [zitiert am 14.7.2025]

Berens S, Bollmann K, Team Pflanzenbau, Pflanzen- und Wasserschutz OWL, Bezirksstelle für Agrarstruktur OWL (2022) Erosionsschutz: Eine Herausforderung für unsere Region. Kreisstellen Höxter/Lippe/Paderborn, hg. v. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW), zu finden in <https://www.landwirtschaftskammer.de/hoexter/pdf/2022-03-30-broschuere-erosionsschutz-hx-lip-pb.pdf>

BMEL (ed) (2024) Anpassungen der Öko-Regelungen ab 2025, 5 p, zu finden in <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/anpassungen-oeko-regelungen-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=1> [zitiert am 8.1.2024]

BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2021a) Ackerbaustrategie 2035: Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau, zu finden in <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ackerbaustrategie2035.pdf?__blob=publicationFile&v=8> [zitiert am 25.11.2022]

BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2021b) Waldstrategie 2050 Nachhaltige Waldbewirtschaftung – Herausforderungen und Chancen für Mensch, Natur und Klima. Bonn: BMEL, zu finden in <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Waldstrategie2050.pdf?__blob=publicationFile&v=9> [zitiert am 10.4.2024]

BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft], BLE [Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung] (2020) Ackerbohne, Erbse & Co.: Die Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung des Leguminosenanbaus in Deutschland, hg. v. BMEL, zu finden in <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/EiweisspflanzenstrategieBMEL.pdf?__blob=publicationFile&v=4> [zitiert am 10.5.2023]

BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] (2007) Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Reihe Umweltpolitik, zu finden in <http://www.biologischevielfalt.de/fileadmin/NBS/documents/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf> [zitiert am 1.10.2021]

BMUV [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz] (2023) Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz: Kabinettsbeschluss vom 29. März 2023, 81 p, zu finden in <https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/ank_publikation_bf.pdf> [zitiert am 18.6.2025]

BMUV [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz] (2024) Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt 2030: Beschluss des Bundeskabinetts vom 18. Dezember 2024. NBS 2030, zu finden in <https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nbs_2030_strategie_bf.pdf> [zitiert am 1.4.2025]

Bodenüberwachungsgesetz: Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Bodenüberwachung und -resilienz (2025), zu finden in <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9474-2025-REV-1/de/pdf>

Böhm H, Dauber J, Dehler M, Amthauer Gallardo DA, Witte Td, Fuß R, Höppner F, Langhof M, Rinke N, Rodemann B, Rühl G, Schittenhelm S (2020) Fruchtfolgen mit und ohne Leguminosen: ein Review. Journal für Kulturpflanzen 72(10-11):489-509. doi: 10.5073/JFK.2020.10-11.01, zu finden in <https://ojs.openagrar.de/index.php/Kulturpflanzenjournal/article/view/15557/15295> [zitiert am 19.6.2025]

Brand-Sassen H (2004) Bodenschutz in der deutschen Landwirtschaft - Stand und Verbesserungsmöglichkeiten. Göttingen, zu finden in <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-1768> [zitiert am 12.5.2025]

Brown JL, Stobart R, Hallett PD, Morris NL, George TS, Newton AC, Valentine TA, McKenzie BM (2021) Variable impacts of reduced and zero tillage on soil carbon storage across 4–10 years of UK field experiments. J Soils Sediments 21(2):890-904. doi: 10.1007/s11368-020-02799-6, zu finden in <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-020-02799-6>

Brunotte J (2007) Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run off und Mykotoxinbildung im Getreide. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft(305)

Brunotte J, Duttmann R, Ellmer F, Emmerling C, Felgentreu D, Henke W, Hommel B, Honecker H, Koch H-J, Kolbe H, Kratz S, Kuhwald M, Kuka K, List M, Marx K, Ortmeier B, Schäfer BC, Schrader S, Schroetter S, Senger M, Severin K, Urban B, Vorderbrügge T, Voßhenrich H-H (2022) Gute fachliche Praxis – Bodenfruchtbarkeit, hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 2. Aufl., zu finden in <https://www.ble-medienservice.de/simpledownloadable/freedownload/link/hash/a73ae8430ff9715bd41e98afe9fe353c/> [zitiert am 9.2.2024]

COM(2021) 699 final: EU-Bodenstrategie für 2030. Die Vorteile gesunder Böden für Menschen, Lebensmittel, Natur und Klima nutzen (2021), zu finden in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699&from=EN> [zitiert am 25.11.2022]

Da Re V, Grandl K, Harleß P, Mangold H, Nitschke A, Thiel M (2023) Agroforst Wirtschaft: Ackerbau- Tierhaltung-Holzwirtschaft. Umweltschutz und wirtschaftlicher Erfolg! Eine Win-Win Lösung für Mensch und Natur!, hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), Bundesamt für Naturschutz (BfN), Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), 1. Aufl., zu finden in <https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2023/09/2023-04-agroforst.verbreiten-Agroforst-Leitfaden-Webversion.pdf> [zitiert am 4.2.2025]

DeFAF Agroforst-Landkarte: Übersicht zu eingetragenen Agroforstflächen (2023), Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF), zu finden in <https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2024/03/Uebersicht-zu-Agroforstflaechen-in-Deutschland-2023-DeFAF.pdf>

DESTATIS [Statistisches Bundesamt] (2024) Statistischer Bericht - Landwirtschaftliche Betriebe - Förderprogramme - 2023: Landwirtschaftliche Betriebe insgesamt und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) sowie Empfänger/-innen von Direktzahlungen (InVeKoS) und Junglandwirte/-innen im Sinne der EU (VO) 1307/2013 und deren jeweilige LF in den Jahren 2021 bis 2023 nach Art der Bewirtschaftung und Größenklassen der LF. 41121-0902 R:, zu finden in <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Publikationen/Downloads-Landwirtschaftliche-Betriebe/statistischer-bericht-foerderprogramme-5411206239005.xlsx?__blob=publicationFile> [zitiert am 27.8.2024]

DESTATIS [Statistisches Bundesamt] (2022) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Wachstum und Ernte - Feldfrüchte - [zitiert am 15.7.2022]

DigitalerAtlasNord: Datensatz Feldblöcke (2025). Ministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz (MLLEV), zu finden in <https://service.gdi-sh.de/SH_OpenGBD/feeds/Atom_SH_Feldblockfinder_OpenGBD/data/Feldbloecke_2025_GPKG.zip>

Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland, Stand 2021 (LBM-DE2021) (2021), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), zu finden in <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/digitales-landbedeckungsmodell-deutschland-stand-2021-lbm-de.html> [zitiert am 23.7.2025]

DIN 19708:2005-02: DIN 19708 Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG (2005)

Don A, Poeplau C, Flessa H (2021) Humus. Erfassen, erhalten und fördern. DGL-Mitteilungen, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/352705349_Erfassen_erhalten_und_fordern_-_Humusaufbau_ist_positiv> [zitiert am 8.11.2022]

Drexler S (2023) Praxiswissen Hecken: CO2-Bindung durch Hecken – wieviel Klimaschutz ist möglich?, hg. v. Thünen Institut für Agrarklimaschutz, zu finden in <https://www.thuenen.de/media/institute/lv/Projekt-Downloads-pdf/CatchHedge/2023-01__CO2-Bindung-durch-Hecken_wieviel-Klimaschutz-ist-moeglich.pdf> [zitiert am 25.11.2024]

Drexler S, Broll G, Don A (2020) Standorttypische Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Deutschlands. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Report 75, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062138.pdf> [zitiert am 19.5.2025]

Drexler S, Broll G, Flessa H, Don A (2022) Benchmarking soil organic carbon to support agricultural carbon management: A German case study. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, zu finden in <https://www.researchgate.net/profile/Gabriele- Broll/publication/360259999_Benchmarking_soil_organic_carbon_to_support_agricultural_carbon_management_A_German_case_study/links/6274f9ed107cae29198dd7f6/Benchmarking-soil-organic-carbon-to-support-agricultural-carbon-management-A-German-case-study.pdf> [zitiert am 25.1.2022]

Drexler S, Gensior A, Don A (2021) Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. Regional Environmental Change (74), zu finden in <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10113-021-01798-8.pdf> [zitiert am 25.11.2024]

Drucksache 19/3020: Landesprogramm zum Schutz der Böden und zum nachhaltigen Flächenmanagement (2021), zu finden in <https://www.landtag.ltsh.de/infothek/wahl19/drucks/03000/drucksache-19-03020.pdf> [zitiert am 17.9.2025]

Durchführung der Gewässerschutzberatung: für die Landwirtschaft in Schleswig-Holstein. Anlage 2. Leistungsbeschreibung für die Anbietenden der Beratung (2024a). Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN)

Dürr A, Weninger T, Loicht J, Strauss P (2024) Hecken und ihre Ökosystemleistungen: Einführung und Anwendung des Bewertungssystems Heck.in. Naturschutz und Landschaftsplanung 56(7):24-31, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/371956825_Heckin_-_Hecken_und_ihre_Okosystemleistungen_-_eine_Bewertung_anhand_von_Indikatoren> [zitiert am 25.11.2024]

Duttmann R, Hassenpflug W, Busch M, Lungershausen U, Frank J-H (2011) Winderosion in Schleswig-Holstein: Kenntnisse und Erfahrungen über Bodenverwehungen und Windschutz, hg. v. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Schleswig-Holstein, 110 p. Schriftenreihe LLUR SH Geologie und Boden

DüV: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) (2017), zu finden in <https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/D%C3%BCV.pdf> [zitiert am 17.5.2021]

DVL [Deutscher Verband für Landschaftspflege] (ed) (2006) Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen mit der Landwirtschaft: Ein Leitfaden für Landschaftspflegeverbände, 66 p. Landschaft als Lebensraum

DVO (EU) Nr. 808/2014: Durchführungsverordnung (EU) Nr. 808/2014 der Kommission vom 17. Juli 2014 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) (2014), zu finden in <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0808&from=en> [zitiert am 2.9.2019]

DVS [Deutsche Vernetzungsstelle Ländliche Räume] (2024) Zuordnung der EIP-Projekte nach Themenbereichen und Bundesländern (Stand: Januar 2024). E-Mail vom 21.02.2024

Dynarski KA, Bossio DA, Scow KM (2020) Dynamic Stability of Soil Carbon: Reassessing the “Permanence” of Soil Carbon Sequestration. Front. Environ. Sci. 8:514701. doi: 10.3389/fenvs.2020.514701, zu finden in <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2020.514701/full>

Eberhardt W (2024a) Evaluierung der Beratung für eine nachhaltige Landwirtschaft (TM 2.1.1) 2016 bis 2022. Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) in Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 4/2024, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2024/4-2024_SH_Beratung.pdf> [zitiert am 20.1.2026]

Eberhardt W (2024b) Evaluierung der Umsetzung der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ - Bilanz 2015-2023: Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) in Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. Braunschweig. 5-Länder-Evaluation 10/2024, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2024/10-2024_SH_EIP.pdf> [zitiert am 20.1.2026]

Eberhardt W (2025) Evaluierung der Umsetzung der Fördermaßnahme „Zielgruppenspezifische Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen“ (ELER-Code TM1.1): Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) in Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2025/6-2025_SH_Bildung.pdf> [zitiert am 14.5.2025]

ESchV, SH: Landesverordnung zur Einteilung der Wasser- und Winderosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen, zu finden in <https://www.lexsoft.de/cgi-bin/lexsoft/lexsoft_express.cgi?chosenIndex=1717_psd_sh&templateID=document&task=chose_fliesstext&xid=7389313,1> [zitiert am 19.8.2025]

EU-COM [European Commission] (2015) Common context indicators for rural development programs (2014-2020): CCI 41 - Soil organic matter in arable land. JRC based on LUCAS Land use survey 2015 (last update: 2020). Joint Research Centre (JRC), zu finden in <https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/52acae3f-4b68-4cb8-b90e-736962c41e35_en?filename=cap-indicators-c41_2019_en.xlsx> [zitiert am 28.2.2025]

EU-COM [European Commission] (2018a) Common monitoring and evaluation framework, zu finden in <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/00da6abf-7c75-11e5-9fae-01aa75ed71a1> [zitiert am 20.1.2026]

EU-COM [European Commission] (2018b) context indicators 41: soil organic carbon in arable land: Map 2 -organic carbon stocks in cropland (g/kg), 2018. NUTS 2 Ebene, Germany, zu finden in <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/IndicatorsEnvironmental/SoilOrganicMatter.html> [zitiert am 28.1.2025]

EU-COM [European Commission] (2019) Common context indicators for rural development programs (2014-2020): CCI 42 - Soil erosion. Stand: 2019, zu finden in <https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/fd20e275-115a-4bdd-af9e-364650794270_en?filename=cap-context-indicators-table_2019_en.pdf> [zitiert am 26.8.2024]

EU-COM [European Commission] (2020) CAP Indicators. Data Explorer, zu finden in <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardIndicators/DataExplorer.html?select=EU27_FLAG,1> [zitiert am 7.10.2020]

EU-COM, DG AGRI [European Commission, DG Agriculture and Rural Development] (2023) CMEF 2014-2020 - Context indicators (update January 2023). European Commission, zu finden in <https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/1e3d1b8a-6813-4493-a3d8-2dcdf6279189_en?filename=context-indicator-fiches_en.pdf>

EU-KOM [Europäische Kommission, GD Landwirtschaft und Ländliche Entwicklung] (2021) Glossar. Schlüsselwörter zur Bewertung der LE-Programme 2014-2020. Brüssel, zu finden in <https://eu-cap-network.ec.europa.eu/publications/glossary-key-terms-related-evaluation-rural-development-programmes-2014-2020_en> [zitiert am 20.1.2026]

EU-KOM [Europäische Kommission] (2020) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und Ausschuss der Regionen.: EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben, 28 p, zu finden in <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF> [zitiert am 2.6.2020]

EU-KOM, DG Agri [EUROPEAN COMMISSION – Directorate-General for Agriculture and Rural] (2024) Rough estimates of the climate change mitigation potential of the CAP Strategic Plans (EU-18) over the 2023-2027 period – Summary report for 19 CAP Strategic Plans, zu finden in <https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/7289aad3-2fa7-415a-9247-996b110e83d6_en?filename=report-rough-ghf-estimate-eu-18_en.pdf> [zitiert am 2.12.2024]

Europäischer Rechnungshof (EuRH) (2023) Bemühungen der EU um eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung: Wenig ambitionierte Standards und nur begrenzte Zielausrichtung. Luxemburg. Sonderbericht 2023, Nr. 19, zu finden in <https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-19/SR-2023-19_DE.pdf> [zitiert am 21.12.2023]

Evans R, Collins AL, Foster IDL, Rickson RJ, Anthony SG, Brewer T, Deeks L, Newell-Price JP, Truckell IG, Zhang Y (2016) Extent, frequency and rate of water erosion of arable land in Britain - benefits and challenges for modelling. Soil Use Manage 32:149-161. doi: 10.1111/sum.12210

EWKG: Gesetz über die Energiewende, den Klimaschutz und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Energiewende- und Klimaschutzgesetz - EWKG) (2017)

Fährmann B, Grajewski R (2013) How expensive is the implementation of rural development programmes? Empirical results on implementation costs and their consideration in the evaluation of rural development programmes. European Review of Agricultural Economics 40(4):541-572, zu finden in <https://doi.org/10.1093/erae/jbs045> [zitiert am 19.2.2016]

Fährmann B, Grajewski R (2018) Schriftliche Erhebung des Personalaufwandes und der Implementationskosten (Fachreferate, Bewilligungsstellen, Koordinierende Stellen, Zuständige Behörde, Zahlstelle, Bescheinigende Stelle, Verwaltungsbehörde) der Bundesländer Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen/Bremen und Schleswig-Holstein, 2018

Feindt PH, Grohmann P, Häger A, Krämer C (2021) Verbesserung der Wirksamkeit und Praktikabilität der GAP aus Umweltsicht: Abschlussbericht. Forschungskennzahl 3717 11 239 0, hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Texte, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-14_texte_91-2021_wirksamkeit_gap.pdf> [zitiert am 4.10.2021]

Feldwisch N, Frick H (2002) Wissenschaftliche Auswertung eines abgeschlossenen Feldversuchs und Zusammenfassung von Ergebnissen des Verbundvorhabens „Boden- und Stoffabtrag von Ackerflächen“: Wissenschaftliche Auswertung des Teilprojektes 1 „Ausmaß des Boden- und Stoffabtrags von Ackerflächen“. Abschlussbericht zum Vorhaben

Flessa H, Don PA, Jacobs A, Dechow R, Tiemeyer B, Poeplau C (2018) Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands: Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung, hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Formale Zuordnung und Klassifikation der Bodengefährdung durch Wassererosion (2023), Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LfU), zu finden in <https://umweltportal.schleswig-holstein.de/documents/llur/boden/Bodengefaehrdung/ero/dok/zuordnung_erowa.pdf> [zitiert am 18.9.2025]

ForstförderRL: Richtlinien für die Förderung forstwirtschaftlicher Maßnahmen als Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (11.04.2017)

Franz K (2019) Landesprogramm Ländlicher Raum (LPLR) Schleswig-Holstein 2014 bis 2020: Forstliche Förderung. Braunschweig: Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie (TI-WF), 5-Länder-Evaluation 3/2019, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/3_19_SH-Berichte_aus_der_Evaluation-Forst.pdf> [zitiert am 12.5.2022]

Fränzke M (2025) HALM 2 – Neuer Rechner für HALM 2 C.1 und ÖR 2 verfügbar (Version 8. Mai 2025): HALM 2 fördert die nachhaltige Landbewirtschaftung. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), zu finden in <https://llh.hessen.de/unternehmensfuehrung/agrarpolitik-und-foerderung/halm-2/halm-2-rechner/> [zitiert am 22.7.2025]

GAP-Strategieplan: DE - GAP-Strategieplan für die Bundesrepublik Deurtschland (2025). Version 6.1, zu finden in <https://www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/gap-strategieplan-version-6-1.pdf?__blob=publicationFile&v=2> [zitiert am 24.9.2025]

Gattinger A, Muller A, Haeni M, Skinner C, Fliessbach A, Buchmann N, Mäder P, Stolze M, Smith P, Scialabba NE-H, Niggli U (2012) Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. Proc Natl Acad Sci U S A 109(44):18226-18231. doi: 10.1073/pnas.1209429109

Gensior A (2022) Daten für den National Inventory Report 2022, LULUCF Emissionen je Bundesland: Emissionen und Senken im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). E-Mail vom 11.11.2022

Gensior A (2025) Daten für den National Inventory Report 2024, LULUCF Emsissionen je Bundesland, Treibhausgasemissionen [t CO2-Eq.] infolge LULUCF, differenziert nach Landnutzungskategorien (gemäß 2006 IPCC Guidelines und 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories). E-Mail vom 08.04.2025

Gesetz zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik finanzierten Direktzahlungen: GAPDZG (2021), In: Bundesgesetzblatt I [zitiert am 7.12.2021]

Gewässerschutzberatung für die Landwirtschaft: Gewässerschutzberatung für die Landwirtschaft ab 2023 (2024), Landesportal Schleswig-Holstein [zitiert am 24.9.2025]

Grajewski R, Becker S (2026) Implementation des Landesprogramms ländlicher Raum (LPLR) 2014 bis 2022 (LPLR 2014-2022): Aufwand, Kosten und Bestimmungsfaktoren. 5-Länder-Evaluation 1/2026, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/publikationen/projektberichte/5-laender-bewertung/> [zitiert am 10.2.2026]

Gröning A (2025) Mehr Bodenschutz im Wald – Raupenfahrzeug im Praxistest. forstpraxis, zu finden in <https://www.forstpraxis.de/mehr-bodenschutz-im-wald-raupenfahrzeug-im-praxistest-23537?utm_source=chatgpt.com> [zitiert am 17.9.2025]

Guggenberger G, Gentsch N (2023) Stickstoff- und Wassermanagement auf Ackerböden: Zwischenfrüchte statt Winterbrache. Unimagazin (03/04):60-63, zu finden in <https://www.uni-hannover.de/fileadmin/luh/content/alumni/unimagazin/2023_Wasser/Unimagazin_WASSER_gesamt_NEU.pdf> [zitiert am 22.11.2024]

Haller L, Moakes S, Niggli U, Riedel J, Stolze M, Thompson M (2020) Entwicklungsperspektiven der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland. Dessau-Roßlau, 152 p. UBA-Texte 32/2020, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklungsperspektiven-der-oekologischen> [zitiert am 23.12.2020]

Hegg C, Jeisy M, Waldner P (2004) Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. Birmensdorf, zu finden in <http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/6184.pdf> [zitiert am 2.9.2019]

Helfrich M, Dechow R, Merl S, Fuß R, Räbiger T, Kühling I, Schlathölter M, Kage H, Flessa H (2024) Winter cover crops decreased soil mineral N contents and increased soil organic C stocks and N2O emission. Agriculture, Ecosystems and Environment (367), zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880924001038> [zitiert am 25.11.2024]

Honecker H, List M, Hendrischke, Caroline, Sengner, Marion, Vorderbrügge T, Busch M, Brandhuber R, Bug J, Schrader S, Weyer T, Brunotte J, Schmidt W (2022) Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz, hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), zu finden in <https://www.ble-medienservice.de/frontend/esddownload/index/id/1695/on/3614_DL/act/dl> [zitiert am 6.3.2023]

Ingenieurbüro Schnittstelle Boden, Ecologic Institut (2021) Evaluierung und Optimierung von Beratungsmaßnahmen des MELUND für eine gewässer-, boden- und klimaschonende und die Biodiversität fördernde Landwirtschaft in Schleswig-Holstein: Abschlussbericht, zu finden in <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2024/50014-Evaluierung-MELUND-Bericht.pdf> [zitiert am 26.1.2026]

Jacobs A, Flessa H, Don A, Heidkamp A, Prietz R, Dechow R, Gensior A, Poeplau C, Riggers C, Schneider F, Tiermeyer B, Vos C, Wittnebel M, Müller T, Säurich A, Fahrion-Nitschke A, Gebbert S, Jaconi A, Kolata H, Laggner A, et al (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig. Thünen Report 64

Joosten H, Brust K, Couwenberg J, Gerner A, Holsten B, Permien T, Schäfer A, Tanneberger F, Trepel M, Wahren A (2015) MoorFutures: Integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits – standard, methodology and transferability to other regions. BfN-Skripten

Karstens E (2021) Endbericht über die einzelbetriebliche Beratung zur Umsetzung des „Integrierten Pflanzenschutzes in Ackerbaubetrieben“ in Schleswig-Holstein für die Jahre 2018-20: hg. v. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH)

Kay S, Rega C, Moreno G, Herder M den, Palma JH, Borekg R, Crous-Duran J, Freese D, Giannitsopoulos M, Graves A, Jäger M, Lamersdorf N, Memedemin D, Mosquera-Losada R, Pantera A, Paracchini ML, Paris P, Roces-Díaz JV, Rolo V, Rosati A, Sandor M, Smith J, Szerencsits E, Varga A, Viaud V, Wawer R, Burgess PJ, Herzog F (2019) Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. Land Use Policy (83):581-593, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718310470> [zitiert am 21.1.2024]

Klein C, Pätzold S, Brümmer GW (1999) Pflanzenschutzmittel und Nährstoffe in Oberflächen- und Zwischenabfluss von Böden unter Ackernutzung im Bergischen Land (NRW) sowie Retentionswirkung von Filterstreifen: Abschlussbericht. im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen [zitiert am 3.1.2023]

Klüver K, Elsner D-C, Filipinski M, Cordsen E, Gieske M (2020) Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein: Boden – lebendig, unverzichtbar und stark unter Druck, hg. v. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR). LLUR SH - GB, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/Downloads/broschuereBodendauerbeobachtung.pdf?__blob=publicationFile&v=2> [zitiert am 10.10.2025]

Kolbe H, Zimmer J (2015) Leitfaden zur Humusversorgung: Informationen für Praxis, Beratung und Schulung, hg. v. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), 1. Aufl., zu finden in <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/25484/documents/35267> [zitiert am 31.1.2025]

Körschens M, Albert E, Armbruster M, Barkusky D, Baumecker M, Behle-Schalk L, Bischoff R, Čergan Z, Ellmer F, Herbst F, Hoffmann S, Hofmann B, Kismanyoky T, Kubat J, Kunzova E, Lopez-Fando C, Merbach I, Merbach W, Pardor MT, Rogasik J, Rühlmann J, Spiegel H, Schulz E, Tajnsek A, Toth Z, Wegener H, Zorn W (2013) Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. Archives of Agronomy and Soil Science 59(8):1017-1040. doi: 10.1080/03650340.2012.704548, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/263141835_Effect_of_mineral_and_organic_fertilization_on_crop_yield_nitrogen_uptake_carbon_and_nitrogen_balances_as_well_as_soil_organic_carbon_content_and_dynamics_results_from_20_European_long-term_field_expe> [zitiert am 26.11.2024]

Körschens M, Rogasik J, Schulz E Bilanzierung und Richtwerte organischer Bodensubstanz. In: Landbauforschung Völkenrode 55: pp 1-10, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/zi036604.pdf> [zitiert am 26.6.2025]

Krauss M, Wiesmeier M, Don A, Cuperus F, Gattinger A, Gruber S, Haagsma WK, Peigné J, Palazzoli MC, Schulz F, van der Heijden M, Vincent-Caboud L, Wittwer RA, Zikeli S, Steffens M (2022) Reduced tillage in organic farming affects soil organic carbon stocks in temperate Europe. Soil and Tillage Research 216:105262. doi: 10.1016/j.still.2021.105262, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198721003354>

KSG 2019: Bundes-Klimaschutzgesetz (2020), zu finden in <https://www.bmu.de/gesetz/bundes-klimaschutzgesetz/> [zitiert am 15.12.2020]

Kühne S, Stein M, Friedrich B, Michel B, Moog D, Döffinger L, Saure C (2018) Hecken und Raine in der Agrarlandschaft: Bedeutung - Neuanlage - Pflege, hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), zu finden in <https://www.ble-medienservice.de/simpledownloadable/freedownload/link/hash/45fc10cb69a97059a57cb181ed449647/> [zitiert am 22.1.2025]

Lakner S (2018) Greening und Ökosystemleistungen: Über die Wirkung der ökologischen Vorrangfläche als privates oder öffentliches Gut: Diskussionspapiere, hg. v. Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen (Uni Göttingen), zu finden in <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/190684/1/1043606343.pdf> [zitiert am 21.11.2022]

Landesbodenschutz- und Altlastengesetz – LBodSchG (2002), In: GVOBl. Schl.-H.: p 425 [zitiert am 20.8.2025]

Landesportal Schleswig-Holstein (2021) Auf einen Blick - Wald und Forstwirtschaft in Schleswig-Holstein: Schleswig-Holsteins Geschichte mit dem Wald, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/W/wald/wald_01_Allg_01_WaldSH.html> [zitiert am 12.5.2022]

Landesportal Schleswig-Holstein (2022a) Bodenerosion, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/bodenerosion.html> [zitiert am 19.8.2025]

Landesportal Schleswig-Holstein (2022b) Boden, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/bodenerosion.html> [zitiert am 26.8.2025]

Landesportal Schleswig-Holstein (2025) Landesprogramm Wirtschaft 2021-2027, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/wirtschaft/lpw/efre_programm/EFRE2014-2020/EFREProgramm-2014-2020_node> [zitiert am 26.8.2025]

Lenka NK, Fernández-Gentino García AP (2021) Recarbonizing global soils - a technical manual of recommended management practices: Practices overview. Volume 3, cropland, grassland,integrated systems and farming approaches. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 631 p, zu finden in <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb6595en>

LfL [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft] (ed) (2006) Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe, zu finden in <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_21843.pdf> [zitiert am 26.11.2024]

LfL [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft] (ed) (2023) Bodenerosion: Die Allgemeine Bodenabtragsgleichung - ABAG - Hilfsmittel und Handlungsempfehlung. Neuauflage 2023, zu finden in <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/bodenerosion-lfl-information.pdf> [zitiert am 6.3.2023]

LfU [Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein] (2025) Geodaten für die Erosionsgefährdung (Wasser, Wind) verschiedener Jahre. E-Mail vom 2025

LfULG [Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie] (ed) (2010) Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen: Schriftreihe, Heft 13/2010

LLUR [Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein] (ed) (2015) Moore in Schleswig-Holstein: Geschichte - Bedeutung - Schutz, Schleswig-Holstein, 2. Aufl., 162 p, Schleswig-Holstein. Schleswig-Holstein. Der echte Norden

LLUR [Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein] (ed) (2017) Vergleichende Bewertung von Messreihen chemischer Untersuchungen von Oberbodenmaterialproben von Basis-Boden-Dauerbeobachtungsflächen: Vergleichende Bewertung von Messreihen chemischer Untersuchungen von Oberbodenmaterialproben von Basis-Boden-Dauerbeobachtungsflächen Oktober 2017, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/Downloads/bdf_berichtBewertung.pdf?__blob=publicationFile&v=2> [zitiert am 10.10.2025]

Lori M, Symnaczik S, Mäder P, Deyn G de, Gattinger A (2017) Organic farming enhances soil microbial abundance and activity-A meta-analysis and meta-regression. PLOS ONE 12(7). doi: 10.1371/journal.pone.0180442

Lugato E, Bampa F, Panagos P, Montanarella L, Jones A (2014) Potential carbon sequestration of European arable soils estimated by modelling a comprehensive set of management practices. Glob Chang Biol(20):3557-3567, zu finden in <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.12551> [zitiert am 25.11.2024]

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] (2007) Bodenerosion durch Wasser: Ursachen, Bedeutung und Umgang in der landwirtschaftlichen Praxis von NRW, zu finden in <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/broschuere-bodenerosion.pdf> [zitiert am 10.11.2022]

Makeschin F, Augustin S (2006) Wirkungen von Waldumbau auf Waldböden und ihren Humuskörper. In: Fritz P (ed) Ökologischer Waldumbau in Deutschland. Fragen, Antworten, Perspektiven: pp 124-151

MEKUN [Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein] (versch. Jgg.) Vertragsnaturschutz Schleswig-Holstein, Übermittlung differenzierte Förderdaten: Übermittlung von fortlaufenden Förderdaten

MEKUN [Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein] (ed) (2024b) Klimaschutzprogramm 2030, 21 p

MEKUN [Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein] (2025) Jährlicher Durchführungsbericht 2024, Zeitraum 01.01.2024 bis 31.12.2024, zum Landesprogramm Ländlicher Raum (LPLR) Schleswig-Holstein, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MELUR/LPLR/Downloads/jaehrlicherDurchfuehrungsbericht2024.pdf?__blob=publicationFile&v=1> [zitiert am 20.1.2026]

Mellert KH, Gensior A, Göttlein A, Kölling C (2007) Prädiktoren des Nitrataustrags aus Wäldern - Ergebnisse der bayerischen Nitratinventur im mitteleuropäischen Vergleich. Forstarchiv 78:139-149

MELUND (2022a) Vertragsnaturschutz Erläuterung zum Vertragsmuster „Umwandlung von Ackerland in Grünlandlebensräume“ des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein: Stand: 02.05.2022, hg. v. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (MELUND)

MELUND (2022b) Vertragsnaturschutz Erläuterungen zum Vertragsmuster „Ackerlebensräume“ des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein: 29. März 2022, hg. v. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND)

MELUND [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung] (div. Jgg.) Förderdaten ELER-Maßnahmen M8.4 (Wiederaufbau Wald) und M8.5 (Waldumbau): 2015 - 2022

MELUND [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein] (2017) Erweiterter Jährlicher Durchführungsbericht für 2016 - Rural Development Programme (Regional) - Schleswig-Holstein, MELUND, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MELUR/LPLR/Downloads/jaehrlicherDurchfuehrungsbericht2016.pdf?__blob=publicationFile&v=1> [zitiert am 20.1.2026]

MELUND [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein] (2019) Jährlicher Durchführungsbericht, Zeitraum 01.01.2018 bis 31.12.2018, zum Landesprogramm Ländlicher Raum (LPLR) Schleswig-Holstein

MELUND [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein] (2021) Landesprogramm ländlicher Raum 2014-2022 (LPLR): 7. Änderungsantrag 2021. Version 8.1, zuletzt geändert am 26.08.2021

MELUND [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein], MEKUN [Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein] (versch. Jgg.) Gesamtinvestitionsvolumen für jährliche Durchführungsberichte

MELUR [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein] (2012) Dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012). Landesbericht für Schleswig-Holstein, 49 p

MELUR [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein] (2014) Vertragsnaturschutz Erläuterungen zum Vertragsmuster „Ackerlebensräume“ des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein: Stand: 01.10.2014

MELUR [Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein] (2015) Programm zur Entwicklung des ländlichen Raums (Stand: 27.04.2015) (CCI 2014DE06RDRP021), zu finden in <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MELUR/LPLR/Downloads/Entwicklungsprogramm_2014_7_14.pdf?__blob=publicationFile&v=2> [zitiert am 22.1.2026]

Meyer I, Sinabell F, Streicher G, Spiegel H, Bohner A (2023) Kohlenstoffsequestrierung in Österreichs Acker- und Grünlandböden: Bedeutung und ökonomische Effekte ausgewählter Maßnahmen. WIFO Monatsberichte, zu finden in <https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5675/mb_2023_03_05_kohlenstoffsequestrierung_.pdf> [zitiert am 16.5.2025]

Meyer L, Klimke M (2024) Fördermöglichkeiten für Agroforstsysteme in Schleswig-Holstein, hg. v. INTEGRA, zu finden in <https://www.integra.uni-freiburg.de/wp-content/uploads/2024/10/Schleswig-Holstein_Foerderung_FINAL.pdf>

Meyer M (2000) Entwicklung und Modellierung von Planungsszenarien für die Land- nutzung im Gebiet der Bornhöveder Seenkette. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, zu finden in <https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00000373/d373.pdf> [zitiert am 20.2.2023]

MLLEV (ed) (2024) Vierte Bundeswaldinventur (BWI 2024): Landesbericht für Schleswig-Holstein, Ministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz, Ministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/W/wald/Downloads/waldzustand_poster_24.pdf?__blob=publicationFile&v=3> [zitiert am 22.1.2025]

Mordhorst A, Fleige H, Zimmermann I, Burbaum B, Filipinski M, Cordsen E, Horn R (2018) Organische Kohlenstoffvorräte von Bodentypen in den Hauptnaturräumen Schleswig-Holsteins (Norddeutschland) [zitiert am 25.8.2025]

MSL-Richtlinie: Richtlinien für die Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung (MSL) als Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (2015)

Nitsch H, Röder N, Oppermann R, Milz E, Baum S, Lepp T, Kronenbitter J, Ackermann A, Schramek J (2017) Naturschutzfachliche Ausgestaltung von Ökologischen Vorrangflächen: Endbericht zum gleichnamigen F+E-Vorhaben (FKZ 3514 8241 00), hg. v. Bundesamt für Naturschutz (BfN). BfN-Skripten, zu finden in <https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript472.pdf> [zitiert am 21.11.2022]

NW-FVa, MLLEV (2024) Waldzustandsbericht 2024 für Schleswig-Holstein, hg. v. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Ministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz (MLLEV), zu finden in <https://zenodo.org/records/14007151>

ÖKORING [ÖKORING Versuchs- und Beratungsring ökologischer Landbau im Norden e.V.] (2022) ELER Beratung zum Ökolandbau: gemäß Artikel 15 der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 vom 17. Dezember 2013 auf Grundlage des Landesprogramms ländlicher Raum (LPLR) aus Mitteln des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes (ELER) in Schleswig-Holstein. Zwischenbericht 2021 [zitiert am 8.9.2025]

Olson KR, Al-Kaisi MM, Lal R, Lowery B (2014) Experimental Consideration, Treatments, and Methods in Determining Soil Organic Carbon Sequestration Rates 78(2):348-360

Paul C, Bartkowski B, Dönmez C, Don A, Mayer S, Steffens M, Weigl S, Wiesmeier M, Wolf A, Helming K (2023) Carbon farming: Are soil carbon certificates a suitable tool for climate change mitigation? Journal of Environmental Management 330:117142. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.117142, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722027153?via%3Dihub> [zitiert am 30.10.2023]

Peng Y, Rieke EL, Chahal I, Norris CE, Janovicek K, Mitchell JP, Roozeboom KL, Hayden ZD, Strock JS, Machado S, Sykes VR, Deen B, Tavarez OB, Gamble AV, Scow KM, Brainard DC, Millar N, Johnson GA, Schindelbeck RR, Kurtz KS, van Es H, Kumar S, van Eerd LL (2023) Maximizing soil organic carbon stocks under cover cropping: insights from long-term agricultural experiments in North America. Agriculture, Ecosystems & Environment 356:108599. doi: 10.1016/j.agee.2023.108599, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788092300258X> [zitiert am 26.6.2025]

Poeplau C, Don A (2015) Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops - a meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 200(1):33-41

Poeplau C, Don A, Vesterdal L, Leifeld J, Wesemael B v., Piertzak S, Lauf J, Oenema O (2011) Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in temperate zone - carbon response functions as a model approach. Global chance biology 17(7):2415-2427

Puhlmann H, Hartmann P, Mahlau L, Wilpert Kv, Huber A, Moos JH, Jansone L, Drews L (2021) Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung in den Wäldern Baden-Württembergs: Evaluierung der Umsetzung und der Wirksamkeit des Kalkungsprogramms in den Jahren 2010 bis 2019, hg. v. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), zu finden in <https://www.fva-bw.de/fileadmin/user_upload/Abteilungen/Boden_und_Umwelt/Evaluierung_Bodenschutzkalkung.pdf> [zitiert am 10.4.2024]

Raue P (2026) Beitrag des Programms zur Förderung von Wissenstransfer und Innovation in Landwirtschaft und ländlichen Räumen: Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 6/2026, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2026/6-2026_TF_Innovation_LPLR.pdf> [zitiert am 24.4.2026]

Raue P, Bathke M, Bergschmidt A, Eberhardt W, Ebers H, Fährmann B, Fengler B, Flint L, Forstner B, Franz K, Grajewski R, Pollermann K, Reiter K, Roggendorf W, Sander A, Schwarze S, Scholz J (2023) Feinkonzept zum Bewertungsplan LPLR - Landesprogramm ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022 (LPLR): Stand: 12/2023. unveröffentlicht, 164 p

Reiter K (2020) Umsetzung der Gewässerschutzberatung in der Gebietskulisse der Grundwasserkörper in einem schlechten chemischen Zustand gemäß EG-WRRL und ausgewählten Seeneinzugsgebieten - Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2020. Braunschweig: Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR), 5-Länder-Evaluation 8/2020, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2020/8_2020_-_Gewaesserschutzberatung-SH.pdf> [zitiert am 24.2.2021]

Reiter K, Roggendorf W, Sander A, Scholz J, Schwarze S (2024) Analyse der Inanspruchnahme von ausgewählten Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen und des Ökologischen Landbaus (Akzeptanzanalyse): Landesprogramm Ländlicher Raum Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 6, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2024/6-2024_SH_Akzeptanzanalyse.pdf> [zitiert am 20.1.2026]

Richter U (2024) Erosionsvermeidung in Flurbereinigungsverfahren: Planung und Umsetzung von Maßnahmen in Hessen, hg. v. Bundesverband Boden e.V. (BVB). Bodenschutz [zitiert am 4.9.2024]

Richtlinie für die Gewährung von Zuwendungen zur Durchführung von Maßnahmen des Naturschutzes, insbesondere zur Schaffung und Entwicklung von Biotopen, naturnahen Landschaftsbestandteilen und deren Verbund (Biotop gestaltende Maßnahmen (BgM)): BgM-RL (2024c). In: Amtsblatt für Schleswig-Holstein: pp 484-491, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/N/naturschutz/Downloads/Rili_BgM.pdf?__blob=publicationFile&v=1> [zitiert am 20.11.2024]

Riggers C, Poeplau C, Don A, Frühauf C, Dechow R (2021) How much carbon input is required to preserve or increase projected soil organic carbon stocks in German croplands under climate change?, hg. v. Springer Nature. Plant and Soil [zitiert am 16.7.2025]

Röder N, Ackermann A, Baum S, Wegmann J, Strassemeyer J, Pöllinger F (2021) Geringe Umweltwirkung, hohe Kosten: Ergebnisse und Empfehlungen aus dem Projekt „Evaluierung der Gemeinsamen Agrarpolitik aus Sicht des Umweltschutzes II“, hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Texte [zitiert am 27.8.2024]

Röder N, Ackermann A, Birkenstock M, Dehler M, Ledermüller S, Rudolph S, Schmidt T, Nitsch H, Pabst H, Schmidt M (2019) Evaluierung der GAP-Reform aus Sicht des Umweltschutzes – GAPEval, 292 p. UBA-Texte, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-06-17_58-2019_gapeval.pdf> [zitiert am 7.1.2025]

Roggendorf W, Eberhardt, W, Rorig F, Schwarze S (2026) Beitrag des Programms zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung: Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 15/2026, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/publikationen/projektberichte/5-laender-bewertung>

Rorig F (2022) Effekte der forstlichen Fördermaßnahmen des Landesprogramms ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein auf die Wasserqualität und -quantität. 5-Länder-Evaluation 9/2022, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/publikationen/projektberichte/5-laender-bewertung> [zitiert am 7.3.2023]

Rothe A, Kölling A, Moritz K (1998) Waldbewirtschaftung und Grundwasserschutz. AFZ Der Wald 53(6):291-295

Sander A, Bathke M (2026) Beitrag des Programms zur biologischen Vielfalt: Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 11/2026, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/publikationen/projektberichte/5-laender-bewertung>

Sanders J, Heß J (eds) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig, Germany: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 1361 p. Thünen Report 65

Schleswiger Vorgeest: Landschaftssteckbrief (o.J.). Bundesamt für Naturschutz (BfN), zu finden in <https://www.bfn.de/landschaftssteckbriefe/schleswiger-vorgeest> [zitiert am 10.10.2025]

Schmaltz E, Krammer C, Dersch G, Weinberger C, Kuderna M, Strauss P (2023) The effectiveness of soil erosion measures for cropland in the Austrian Agri-environmental Programme: A national approach using local data. Agriculture, Ecosystems and Environment (355), zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880923002499?via%3Dihub> [zitiert am 15.12.2023]

Schmidt F, Kruse M, Paulsen HM (2023) Praxiswissen Hecken: Hecken in der Landwirtschaft = effiziente Kohlenstoffspeicher, hg. v. Thünen Institut für Ökologischen Landbau, zu finden in <https://www.thuenen.de/media/institute/lv/Projekt-Downloads-pdf/CatchHedge/2023-02__Hecken-in-der-Landwirtschaft_effiziente-Kohlenstoffspeicher.pdf> [zitiert am 25.11.2024]

Scholz J (2024a) Erosionsschutzstreifen - Umsetzung und Wirkungen: NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 14/2024, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2024/14-2024_Erosionsschutzstreifen_NRW.pdf> [zitiert am 10.2.2025]

Scholz J (2024b) Maßnahmenbericht Erosionsschutzstreifen: PFEIL-Programm Niedersachsen und Bremen 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation 9/2024, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2024/9-2024_Erosionsschutzstreifenbericht.pdf> [zitiert am 3.7.2024]

Schwenger Y (2026) Beitrag des Programms zum Wasserschutz: Landesprogramm ländlicher Raum (LPLR) des Landes Schleswig-Holstein 2014 bis 2022. (in Vorbereitung)

Schwertmann U, Vogl W, Kainz M (1990) Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen: unter Mitwirkung von K. Auerswald und W. Mart. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer 153

Seitz D, Fischer LM, Dechow R, Wiesmeier M, Don A (2022) The potential of cover crops to increase soil organic carbon storage in German croplands. Plant and Soil:1-17. doi: 10.1007/s11104-022-05438-w, zu finden in <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-022-05438-w> [zitiert am 11.11.2022]

Seitz S, Goebes P, Puerta VL, Pereira EIP, Wittwer R, Six J, Marcel G. A. van der Heijden, Scholten T (2019) Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. Agronomy for Sustainable Development 39(4), zu finden in <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-018-0545-z> [zitiert am 22.11.2024]

Siemons A, Böttcher H, Liste V, Jörß W (2023) Short Typology of Carbon Dioxide Removals: How to best differentiate methods and technologies for establishing and enhancing carbon sinks? Teil des Forschungsprojektes „Wissenschaftliche Begleitung zur Ausgestaltung des Zertifizierungsrahmens für Kohlenstoffeinbindungen in der EU“ (FKZ 3722425150)., hg. v. Umweltbundesamt (UBA) [zitiert am 28.8.2024]

Skadell LE, Schneider F, Gocke MI, Guigue J, Amelung W, Bauke SL, Hobley EU, Barkusky D, Honermeier B, Kögel-Knabner I, Schmidhalter U, Schweitzer K, Seidel SJ, Siebert S, Sommer M, Vaziritabar Y, Don A (2023) Twenty percent of agricultural management effects on organic carbon stocks occur in subsoils – Results of ten long-term experiments. Agriculture, Ecosystems & Environment 356:108619. doi: 10.1016/j.agee.2023.108619, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880923002785> [zitiert am 26.6.2025]

Skowronek A, Schelmer K (2000) Untersuchungsvorhaben „Bodenerosionsdynamik in einer typischen Fruchtfolge sowie Wirkung von Filterstreifen auf Abfluss und Feststoffaustrag“: Abschlussbericht. im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

Statistikamt Nord [Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein] (2021) Landwirtschaftszählung 2020 in Schleswig-Holstein: Betriebe in Schleswig.Holstein brachten mehr flüssigen Wirtschaftsdünger als vor zehn Jahren aus. Statistik informiert …158/2021, zu finden in <https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI21_158.pdf>

Steinhoff-Knopp B, Bug J (2017) Gute Nachrichten für den Boden (?) – Erkenntnisse aus 17 Jahren Bodenerosionsdauerbeobachtung in Niedersachsen: Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission VI. Horizonte des Bodens, 2. – 7. September 2017, Göttingen, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/320426304_Gute_Nachrichten_fur_den_Boden_-_Erkenntnisse_aus_17_Jahren_Bodenerosionsdauerbeobachtung_in_Niedersachsen> [zitiert am 10.11.2022]

Steinhoff-Knopp B, Kuhn TK, Burkhard B (2021) The impact of soil erosion on soil-related ecosystem services: development and testing a scenario-based assessment approach. Environ Monit Assess 193(Suppl 1):274. doi: 10.1007/s10661-020-08814-0, zu finden in <https://www.researchgate.net/journal/Environmental-Monitoring-and-Assessment-1573-2959/publication/351579317_The_impact_of_soil_erosion_on_soil-related_ecosystem_services_development_and_testing_a_scenario-based_assessment_approach/links/609f57c5a6fdcccacb551cf0/The-impact-of-soil-erosion-on-soil-related-ecosystem-services-development-and-testing-a-scenario-based-assessment-approach.pdf>

Steininger M, Wurbs D (2017) Bodenerosion durch Wind: Sachstand und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA), zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/merkblatt_bodenerosion_durch_wind_web.pdf> [zitiert am 5.10.2020]

Steininger M, Wurbs D (2023) Umsetzung von Schutzmaßnahmen gegen Wassererosion und Sturzfluten: Erfahrungen aus Sachsen-Anhalt. Bodenschutz 28(1):19-24. doi: 10.37307/j.1868-7741.2023.01

Stolte J, Tesfai M, Øygarden L, Kværnø S, Keizer J, Verheijen F, Panagos P, Ballabio C, Hessel R (2016) Soil threats in Europe: Status, methods, drivers and effects on ecosystem services. A review report, deliverable 2.1 of the RECARE project, hg. v. European Commission (EU-COM), zu finden in <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0c21db96-a4a6-11e5-b528-01aa75ed71a1/language-en> [zitiert am 18.1.2023]

Thünen-Institut (ed) (2022) BUNDESWALDINVENTUR ERGEBNISDATENBANK, zu finden in <https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=1.13%20Naturn%C3%A4he%20der%20Baumartenzusammensetzung%20der%20Hauptbestockung&prrolle=public&prInv=BWI2022&prKapitel=1.13&mpXicode=> [zitiert am 8.5.2025]

Tiefenbacher A, Sandén T, Haslmayr H-P, Miloczki J, Wenzel W, Spiegel H (2021) Optimizing Carbon Sequestration in Croplands: A Synthesis: review. Agronomy [zitiert am 29.10.2024]

Tiemeyer B (2023) Moorböden und Klimaschutz: Thünen Kolloquium, 07.09.2023, hg. v. Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Toepel K (2000) Analyse von Synergieeffekten zur Verbesserung der Evaluationsqualität hochkomplexer Förderprogramme-Das Ziel-1-und Ziel-2-Programm in Berlin.: Papier für die 4. Konferenz zur Evaluation der Strukturfonds: Bewertung für Qualität

Tresch S, Hopf S, Braun S (2022) Pilotprojekt Experimentelle Kalkung von Waldstandorten: Hintergrund und erste Ergebnisse. In: Waldböden – intakt und funktional. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL: pp 65-70 [zitiert am 10.4.2024]

UBA [Umweltbundesamt] (2020) Entwicklungsperspektiven der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland. UBA-Texte 32/2020, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklungsperspektiven-der-oekologischen> [zitiert am 23.12.2020]

Umweltportal Schleswig-Holstein Bodengefährdung - Winderosionsgefährdung nach DIN 19706: Fachlicher Hintergrund zur Bodengefährdung durch Wind. Umweltportal Schleswig-Holstein, zu finden in <https://umweltportal.schleswig-holstein.de/documents/llur/boden/Bodengefaehrdung/ero/dok/steckbrief_erowind.pdf>

Umweltportal Schleswig-Holstein Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25 000, zu finden in <https://umweltportal.schleswig-holstein.de/trefferanzeige?docuuid=38ab62ed-cc5f-4cdc-87fb-7b07ead20b99> [zitiert am 19.8.2025]

Unseld R, Reppin N, Eckstein K, Zehlius-Eckert W, Hoffman H, Huber T (2011) Leitfaden Agroforstsysteme: Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen, hg. v. TU München, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), zu finden in <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfN_Agroforst_Skript.pdf> [zitiert am 4.2.2025]

VDLUFA [Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (2014) Humusbilanzierung: Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt, zu finden in <https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Standpunkte/11-Humusbilanzierung.pdf> [zitiert am 24.4.2019]

Verordnung (EU) 2024/1991 des europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Juni 2024 über die Wiederherstellung der Natur und zur Änderung der Verordnung (EU) 2022/869: EU (VO) 2024/1991 (2024), In: Amtsblatt der Europäischen Union, zu finden in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401991> [zitiert am 29.8.2024]

Vertragsnaturschutz: EU-Förderprogramme in Schleswig-Holstein (2022c). Landesportal Schleswig-Holstein, zu finden in <https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/F/foerderprogramme/MELUR/LPLR/Foerderwegweiser/10_1_8_Vertragsnaturschutz.html>

VO (EG) Nr. 834/2007: Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 (2007), zu finden in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0834> [zitiert am 7.1.2025]

VO (EU) 2018/848: Verordnung (EU) 2018/848 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates (2018), zu finden in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=DE> [zitiert am 7.1.2025]

VO (EU) Nr. 1303/2013: Verordnung (EU) Nr. 1303/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 mit gemeinsamen Bestimmungen über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, den Europäischen Sozialfonds, den Kohäsionsfonds, den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds sowie mit allgemeinen Bestimmungen über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, den Europäischen Sozialfonds, den Kohäsionsfonds und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1083/2006 des Rates

VO (EU) Nr. 1305/2013: Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 (2013)

VO (EU) Nr. 1306/2013: Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Finanzierung, die Verwaltung und das Kontrollsystem der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 352/78, (EG) Nr. 165/94, (EG) Nr. 2799/98, (EG) Nr. 814/2000, (EG) Nr. 1290/2005 und (EG) Nr. 485/2008 des Rates (2013), zu finden in <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0549:0607:DE:PDF> [zitiert am 2.9.2019]

VO (EU) Nr. 1307/2013: Verordnung (EU) Nr. 1307/2013 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 17. Dezember 2013 mit Vorschriften über Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 637/2008 des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates (2013), zu finden in <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0608:0670:de:PDF> [zitiert am 7.1.2025]

Vos C, Don A, Hobley EU, Prietz R, Heidkamp A, Freibauer A (2019) Factors controlling the variation in organic carbon stocks in agricultural soils of Germany. European Journal of Soil Science 70:550-564. doi: 10.1111/ejss.12787

Watson CA, Reckling M, Preissel S, Bachinger J, Bergkvist G, Kuhlman T, Lindström K, Nemecek T, Topp CF, Vanhatalo A, Zander P, Murphy-Bokern D, Stoddard FL (2017) Chapter Four - Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. In: Sparks DL (ed) Advances in Agronomy 144. Academic Press: pp 235-303, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211317300202>

WBAE [Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz] (2018) Für eine gemeinwohlorientierte Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2020: Grundsatzfragen und Empfehlungen: Stellungnahme, zu finden in <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GAP-GrundsatzfragenEmpfehlungen.pdf?__blob=publicationFile&v=3> [zitiert am 2.9.2019]

Wellbrock N, Bolte A, Flessa H (eds) (2016) Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland: Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008. Braunschweig. Thünen Report 43

Wessolek G, Kaupenjohann M, Dominik P, Ilg K, Schmitt A, Zeitz J, Gahre F, Schulz E, Ellerbrock R, Utermann J, Düwel O, Siebner C (2008) Ermittlung von Optimal- gehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) Nr. 7 BBodSchG: Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 202 71 264. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. - Bodenschutz -UFOPLAN 202 71 264, hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Publikationen des Umweltbundeamts, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3707.pdf> [zitiert am 27.6.2025]

Westerschulte M (2024) Was bringen mir Zwischenfrüchte in der Fruchtfolge? innovation(1):13-15, zu finden in <https://www.magazin-innovation.de/ausgaben/01-2024/was-bringen-mir-zwischenfruechte-in-der-fruchtfolge> [zitiert am 22.11.2024]

Westphal H (2009) Wirkungen und Kosten von Maßnahmen zur Verringerung von Bodenerosion und Stoffaustrag in Gewässer. Untersuchungen im Leineeinzugsgebiet bei Gronau (Niedersachsen). Hannover, zu finden in <https://edocs.tib.eu/files/e01dh09/606419365.pdf> [zitiert am 12.5.2025]

WFS Fachthemen Umwelt. Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (2023), zu finden in <https://umweltportal.schleswig-holstein.de/trefferanzeige?docuuid=E7ABB1D0-A702-4470-8F0A-F3AAB8AEEDB3#detail_links>

Wiesmeier M, Mayer S, Paul C, Helming K, Don A, Franko U, Steffens M, Kögel-Knaber I (2020) CO2-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen, hg. v. BonaRes-Zentrum für Bodenforschung. BonaRes Series, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/340006637_CO2-Zertifikate_fur_die_Festlegung_atmospharischen_Kohlenstoffs_in_Boden_Methoden_Massnahmen_und_Grenzen> [zitiert am 8.11.2022]

Winterling A, Ostermayr A, Urbatzka DP (2019) Einfluss legumer Zwischenfrüchte auf Körnerleguminosen bezüglich Fruchtfolgekrankheiten: Naturland Ackerbautagung. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), zu finden in <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/schwerpunkte/dateien/vortrag_einfluss_legumer_zwischenfr%C3%BCchte_auf_erbsen_hinsichtlich_fruchtfolgekrankheiten.pdf> [zitiert am 10.5.2023]

Wischmeier WH, Smith DD (1978) Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning, 58 + Anhänge. Agriculture Handbook

Wüstemann F, Schroeder LA, Witte Td, Don A, Heidecke C (2023) Steckbriefe zu humuserhaltenden und -mehrenden Maßnahmen auf Ackerflächen: Projektbericht des Thünen-Instituts im HumusKlimaNetz. Thünen Working Paper 231. Braunschweig. Thünen Working Paper 231, zu finden in <https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_231.pdf> [zitiert am 7.2.2024]

Zirlewagen D, Wilpert Kv (2001) Was hat Waldbau mit Trinkwasservorsorge zu tun? waldwissen.net, zu finden in <http://www.waldwissen.net/themen/umwelt_landschaft/wasserschutz/fva_trinkwasservorsorge.pdf> [zitiert am 2.9.2019]

Anhang

Tabelle A1: Übersicht der Humusgruppen und der zugeordneten Nutzcodes (Klassen Humusmehrer 1 bis Humuszehrer 3)

Humusgruppe und zugeordnete Nutzcodes			
HM1	Erbsen zur Körnergewinnung	**HM2**	Mischkulturen mit Saatgutmischung
	Gemüseerbsen, Mark- u. Schälerbsen		Pufferstreifen ÖVF AL
	Ackerbohnen/Puffbohnen (Körner)		Feldrand / Pufferstreifen ÖVF AL
	Wicken (Panonische-, Zottel- u. Saatwicke		Klee: Rot/Weiß/Alexandriner/Inkarnat/Erd/Schweden/Persischer
	Süßlupinen zur Körnergewinnung		Kleegras
	Erbsen/Bohnen zur Körnergewinnung		Luzerne, Hopfenklee/Gelbklee, Bastardluzerne/Sandluzerne
	Gemenge Leguminosen/Getreide		Ackergras
	Linsen		Klee-Luzerne-Gemisch
	Sojabohnen		Esparsette
	Gemüserüben (Stoppel-, Weiße-, Chinakohl, Pak-Choi, ...)		Futterpflanzen einer Gattung/Art, nicht in der aktuellen Liste aufgeführt
			Luzerne-Gras
			Honigpfl. genu. brachl. Fl.(pollen-u. nektarr. Arten)-einj.
			Honigpfl. genu. brachl. Fl.(pollen-u. nektarr. Arten)-mehrj.
			Grassamenvermehrung
HM4	Streifen am Waldrand (ohne Produktion) ÖVF	**HZ1**	Futterrübe/Runkelrübe
	Uferrandstreifenprogramm		Kohl-/Steckrübe
	Blühstreifen (MSL-Maßnahme)		Zuckerrüben
	Blühfläche (MSL-Maßnahme)		
	Grünbrache 1-jährig		
	Grünbrache 2-jährig		
	Brache mit jährlicher Einsaat von Blühmischungen		
	Ackerrandstreifen und Blühflächen		
	Mehrjährige Blühstreifen und Blühflächen		
	Gründüngung im Hauptfruchtanbau (f. Ausgleichszul.)		
HZ2	Stärkekartoffeln	**HZ3**	Mais (ohne Silomais NC 411)
	Kartoffeln		Mais (Biogas)
	Pflanzkartoffeln		Mais mit Blüh- und/oder Bejagungsschneisen
	Gemüse		Silomais
	Gemüsekohl (Kopfkohl, Wirsing, Rot-/Weißkohl, Spitzkohl, Grünkohl, Kohlrabi, Markstammkohl, Blumenkohl, Romanesco, Brokkoli, Rosenkohl, Zierkohl)		Gemüse-Kreuzblütler
	Tomaten		Steckrübe, Kohlrübe
	Gemüse-Kürbisgewächse		Gemüse-Nachtschattengewächse
	Gurke (Salatgurke, Einlegegurke)		Paprika, Chilli, Peperoni
	Riesenkürbis (Riesenkürbis, Hokkaidokürbis)		Möhre (Möhre/Karotte, Futtermöhre)
	Gartenkürbis, Steirischer Kürbis, Zucchini, Spaghettikürbis, Zierkürbis)		Meerrettich
	Andere Gemüsearten		Sida (Virginiamalve)
	Sellerie (Knollen-, Bleich-, Stangen-Sellerie)		

Quelle: Eigene Tabelle, nach VDLUFA (2014).

Tabelle A2: Übersicht der Humusgruppen und der zugeordneten Nutzcodes, Klasse Humuszehrer 4

Humusgruppe HZ4 und zugeordnete Nutzcodes		
Winter-Hartweizen (Durum)	Wintertriticale	Weißer Senf, Gelber Senf
Winterhartweizen/Durum	Sommertriticale	Allium/Lauch (Speise-Zwiebel, Schalotte, Lauch, Knoblauch, Schnittlauch, Bärlauch, Winterheckenzwiebel,)
Sommerhartweizen/Durum	Buchweizen	Gartenbohne (Gartenbohne/Buschbohne/.../Prunkbohne)
Winter-Dinkel	Mohren-/Zuckerhirse (ohne Sudangras NC 803)	Feldsalate (Feldsalat/ Ackersalat/ Rapunzel)
Winterweizen (ohne Durum)	Sorghumhirse (Körnersorghum)	Lattich (Garten-Salat/Lattich, ... Römischer Salat)
Sommerweizen (ohne Durum)	Getreide einer Gattung/Art, nicht in der aktuellen Liste aufgeführt.	Spinat
Sommer-Emmer/-Einkorn	Winterraps	Mangold, Rote Beete/Rote Rübe
Sommer-Dinkel	Sommerraps	Fenchel (Gemüsefenchel, Körnerfenchel)
Winterroggen	Winterrübsen (Rübsen, Rübsamen, Rübsaat)	Küchenkräuter/Heil- u. Gewürzpflanzen
Sommerroggen	Sommerrübsen (Rübsen, Rübsamen, Rübsaat)	Dill, Gurkenkraut
Wintermenggetreide	Sonnenblumen	Petersilie
Wintermenggetreide ohne Weizen	Lein (Gemeiner Lein, Flachs)	Lavendel (Echter Lavendel, Speik-Lavendel, Hybrid-Lavendel)
Wintergerste	Lein, Flachs	Hanf
Sommergerste	Ölfrücht einer Gattung/Art, nicht in der aktuellen Liste aufgeführt	Tabak
Winterhafer	Topinambur	Erdbeeren
Sommerhafer	Gemüserübsen (Stoppelrübe, Weiße Rübe, Bay. Rübe, Mai-rübe, Chinakohl, Pak-Choi, Teltower Rübchen, Stielmus, Herbstrübe)	Zierpflanzen
Sommermenggetreide	Gartenkresse	Tagetes/Studentenblume
Sommermenggetreide ohne Weizen	Enziane	

Quelle: Eigene Tabelle, nach VDLUFA (2014).