Beitrag der PFEIL-Fördermaßnahmen zum Bodenschutz

Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL)

Julia Scholz

5-Länder-Evaluation 12/2026

Finanziell unterstützt durch:

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums

Freie Hansestadt Bremen

Niedersachsen

DOI-Nr.: 10.3220/253-2026-116
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, Mai 2026

entera Umweltplanung & IT

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Kartenverzeichnis **III**

Tabellenverzeichnis **IV**

Abkürzungsverzeichnis **VI**

Glossar **VIII**

0 Zusammenfassung und Summary **1**

1 Einleitung **4**

1.1 Bewertungsauftrag 4

1.2 Aufbau des Berichts 6

1.3 Freie Hansestadt Bremen 7

2 Relevanz der Förderung **7**

2.1 Erosionsgefährdung 7

2.1.1 Ausgangslage und Handlungsbedarf 7

2.1.2 Veränderte Ausgangslage 12

2.2 Kohlenstoffspeicherung im Boden 12

2.2.1 Ausgangslage und Handlungsbedarf 12

2.2.2 Veränderte Ausgangslage 15

2.3 Eignung der ELER-VO zur Problemlösung 15

2.4 Kontext der Förderung 17

3 Relevante Maßnahmen und Umsetzung **20**

3.1 Zielsetzungen 20

3.2 Geplante Outputs der Maßnahmen 21

3.3 Kurzbeschreibung der Maßnahmen 22

3.3.1 Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen 22

3.3.2 Weitere Maßnahmen ohne programmiertes Ziel 25

3.4 Darstellung des Outputs der Maßnahmen 29

4 Daten und Methoden **31**

4.1 Untersuchungsdesign 31

4.2 Daten 33

4.3 Wirkungsanalyse und Bewertung 34

4.3.1 Mitnahmen, Wirkungsdauer und Bewertungsmaßstäbe für Bewertungskriterien 34

4.3.2 Methodik Wassererosionsschutz 36

4.3.3 Methodik Winderosionsschutz 39

4.3.4 Methodik Kohlenstoffspeicherung im Boden 39

5 Wirkungen und Wirksamkeit **41**

5.1 Wirkpotenzial Erosionsschutz 41

5.1.1 Wassererosionsschutz 41

5.1.2 Winderosionsschutz 42

5.2 Wirkpotenzial Kohlenstoffspeicherung im Boden 43

5.3 Wirkungen der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen 43
5.3.1 Wassererosionsschutz 43
5.3.2 Winderosionsschutz 47
5.3.3 Kohlenstoffspeicherung im Boden 49
5.4 Wirkungen der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele 51
5.4.1 Flächenmaßnahmen 51
5.4.2 Investive Maßnahmen, Beratungs- und Kooperationsmaßnahmen 64
5.5 Kohärenz/Synergie 70
5.6 Gesamtbetrachtung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen 70
6 Kosten-Wirksamkeit (Effizienz) 75
6.1 Implementations- und Gesamtkosten 75
6.2 Vermiedener Bodenabtrag durch Wassererosion 77
6.3 Kohlenstoffspeicherung im Boden 78
7 Beitrag zur Beantwortung der Bewertungsfragen 80
7.1 Zusammenfassende Bewertung des Programms zum Bodenschutz 80
7.2 Zusammenfassende Bewertung des Beitrags des Programms zur nachhaltigen Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen aus Bodenschutzsicht 81
8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 82
Literaturverzeichnis 88
Anhang 103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	ELER-spezifische Bewertungsanforderungen des CMEF für den Bodenschutz	5
Abbildung 2:	THG-Emissionen der Ackerflächen in Niedersachsen und Bremen im Zeitverlauf	13
Abbildung 3:	Untersuchungsdesign	31
Abbildung 4:	DiD-Vergleich, vereinfachte Humusbilanzen (Mittelwerte) der Betriebe nach Bewirtschaftungsart für die Jahre 2016 und 2022	58
Abbildung 5:	Verteilung der Fruchtarten der betrachteten Betriebe 2016 (vor Einstieg in die Förderung) und 2022, aufgeteilt nach Humusgruppen sowie mit und ohne ÖKO	59
Abbildung 6:	Vermiedene Bodenabträge (Min und Max) der Maßnahmen pro Hektar	61

Kartenverzeichnis

Karte 1:	Karte der potenziellen Wassererosionsgefährdung in Niedersachsen, ermittelt nach Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN) 19708	8
Karte 2:	Karte der potenziellen Winderosionsgefährdung in Niedersachsen, ermittelt nach DIN 19706	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einschätzung des Handlungsbedarfs zum Erosionsschutz	10
Tabelle 2:	Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Wassererosionsgefährung	11
Tabelle 3:	Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Winderosionsgefährung	11
Tabelle 4:	Kontextindikator C.41 Soil organic matter in arable land in Deutschland	14
Tabelle 5:	Einschätzung des Handlungsbedarfs zur Kohlenstoffspeicherung im Boden	15
Tabelle 6:	Eignung der ELER-VO zur Lösung der Problemlagen und ihre Implementation im EPLR	17
Tabelle 7:	Bedeutung des EPLR im Verhältnis zum Kontext	20
Tabelle 8:	Maßnahmen mit prioritären Bodenschutzziel	20
Tabelle 9:	Zuordnung der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele	21
Tabelle 10:	Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen mit programmiertem Bodenschutzziel	21
Tabelle 11:	Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele	22
Tabelle 12:	Zuordnung der Maßnahmen mit programmierten SPB4C-Ziel zu den Wirkungpfaden und damit verbundenen Wirkungsfaktoren	24
Tabelle 13:	Zuordnung der weiteren relevanten Maßnahmen zu Wirkungspfaden und damit verbundenen Wirkungsfaktoren	28
Tabelle 14:	Output und Finanzen der Maßnahmen mit prioritärem Bodenschutzziel	29
Tabelle 15:	Erzielter Output auf Ebene der Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel	30
Tabelle 16:	Zuordnung der Indikatoren und Messgrößen zu den Bewertungskriterien	32
Tabelle 17:	Mitnahmen nach Kategorien	34
Tabelle 18:	Bewertungsskala für die quantifizierbaren Maßnahmen	36
Tabelle 19:	Wassererosionsgefährdungsstufen und deren potenzieller Bodenabtrag	37
Tabelle 20:	Geförderte Ackerfläche der Maßnahmen nach Erosionsgefährdungsgrad	45
Tabelle 21:	Potenziell vermiedener Bodenabtrag durch die Maßnahmen mit SPB 4C-Ziel	46
Tabelle 22:	Einordnung der geförderten Ackerfläche der Maßnahmen mit prioritärem SPB 4C-Ziel in die Winderosionskulisse	48
Tabelle 23:	Humusreproduktionswerte der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzziel	50
Tabelle 24:	Zusammenfassung Einschätzung AL22	52
Tabelle 25:	Zusammenfassung Einschätzung AL5	52

Tabelle 26:	Einteilung der Streifenvorhabenarten hinsichtlich der Lage am Grünland	53
Tabelle 27:	Zusammenfassung Einschätzung der Streifenmaßnahmen	54
Tabelle 28:	Zusammenfassung Einschätzung BS9	55
Tabelle 29:	Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2016 und 2022, Unterscheidung konventionell und ÖKO	57
Tabelle 30:	Geförderte Ackerfläche der Maßnahmen ohne programmiertes SPB 4C-Ziel nach Erosions-gefährdungsgrad	60
Tabelle 31:	Potenziell vermiedener Bodenabtrag durch die Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel	61
Tabelle 32:	Einordnung der Förderflächen und der erweiterten Flächen in die Winderosions-kulisse	62
Tabelle 33:	Einordnung der Anteile der Förderflächen und der erweiterten Flächen in die Winderosionskulisse	63
Tabelle 34:	Humusreproduktionswerte der Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutz-ziel	63
Tabelle 35:	Betriebe mit und ohne AUKM und ÖKO sowie mit und ohne bodenbezogener Beratung	65
Tabelle 36:	Merkmale der ausgewählten bodenschutzrelevanten EIP-Agri-Vorhaben	69
Tabelle 37:	Zusammenfassung der betrachteten bodenschutzrelevanten Maßnahmen	71
Tabelle 38:	Übersicht der Programmwirkung auf den bodenschutzrelevanten Ergebnis-indikator	74
Tabelle 39:	Übersicht der Programmwirkung auf die bodenschutzrelevanten Wirkungs-indikatoren	74
Tabelle 40:	Implementations- und Gesamtkosten der Flächenmaßnahmen mit Boden-schutzziel	76
Tabelle 41:	Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Vermeidung von Wassererosion	77
Tabelle 42:	Kosten von Flächenmaßnahmen ohne Bodenschutzziel zur Vermeidung von Wassererosion	78
Tabelle 43:	Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Kohlenstoff-speicherung im Boden	79
Tabelle 44:	Kosten von Flächenmaßnahmen ohne Bodenschutzziel zur Kohlenstoff-speicherung im Boden	79

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
AF	Ackerfläche
AgrarZahlVerpflV	Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung
AL	Ackerland
ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
CC	Cross Compliance
C_{org}	Organischer Kohlenstoff
DiD	Difference-in-Difference
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DNS	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie
DüV	Düngeverordnung
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EGFL	Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ELER-VO	VO (EU) Nr. 1305/2013
E_{nat}-Stufen	Erosionsstufen nach DIN19708
ErosionSchV	Erosionsschutzverordnung
EU	Europäische Union
EU-KOM	Europäische Kommission
EURI	European Union Recovery Instrument
FP	Förderperiode
GAB	Grundanforderungen an die Betriebsführung
GAK	Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
gfP	Gute fachliche Praxis
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
ha	Hektar
HB	Freie Hansestadt Bremen
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
JRC	Joint Research Centre
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LULUCF	Land use, land-use change and forestry
M	Maßnahmen
Max	Maximum
Min	Minimum
Mio.	Million
ML	Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Abkürzung	Bedeutung
Mt	Megatonne
MU	Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
NI	Niedersachsen
NiB-AUM	Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaßnahmen
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
ÖKO	Ökologischer Landbau
ÖVF	Ökologische Vorrangflächen
PFEIL	Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum
PSM	Pflanzenschutzmittel
RDP	Rural Development Programme
RL	Richtlinie
SOC	soil organic carbon
SPB	Schwerpunktbereich
SUKW	Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft, Bremen
t	Tonnen
THG	Treibhausgas(e)
TM	Teilmaßnahmen
UNB	Untere Naturschutzbehörde
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZWF	Zwischenfrüchte

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 Programms zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und der Freien Hansestadt Bremen auf den Bodenschutz thematisiert. Untersucht werden dabei zum einen die Wirkung der mit Bodenschutzzielen (Schwerpunktbereich Bodenschutz 4C) programmierten Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen zur Verhinderung der Bodenerosion und Verbesserung der Bodenbewirtschaftung. Zum anderen geht es um die Wirkung weiterer Maßnahmen, die kein explizites Bodenschutzziel verfolgten, aber Wirkungen hatten (eine Beratungsmaßnahme, fünf investive Maßnahmen, sieben weitere Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen sowie der ökologische Landbau) zur nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen mit Fokus auf den Bodenschutz. Für die Analyse der Ressourcenschutzwirkungen wurden für die Flächenmaßnahmen die Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) 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-Vergleichen durchgeführt. Relevant sind insgesamt konkrete maßnahmenbezogene Bewertungskriterien, welche den Wirkungspfaden Bodenerosionsschutz (Wasser und Wind) und Beitrag zur Speicherung von Kohlenstoff im Boden zugeordnet sind.

Im Hinblick auf das Ziel einer Senkung des Bodenabtrags durch **Wassererosion** konnten 14,5 % der Wassererosionskulisse $CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$ durch **Flächenmaßnahmen** erreicht werden. Der potenzielle Bodenabtrag, welcher insgesamt durch das Programm vermieden wurde, beläuft sich auf über 1,4 Mio. t/a, wovon die mit SPB 4C-Ziel programmierten Maßnahmen ca. 222.000 t/a einnahmen. Im Mittel entspricht dies ca. 0,3 bis 0,5 t/ha*a. In Bezug auf die maximal vermiedenen Tonnen pro Hektar Förderfläche wurde das meiste Bodenmaterial durch die Erosionsschutzstreifen mit rund 31 t/ha*a verhindert. Diese zeichnen sich zum einen durch eine hohe Bodenbedeckung und zum anderen durch große Anteile in der Wassererosionskulisse aus. Insgesamt konnte durch die bodenschutzrelevanten Ackermaßnahmen ein Anteil von ca. 5,5 % der **Winderosionskulisse** erreicht werden. Der größte Anteil innerhalb der Winderosionskulisse wurde durch den winterharten Zwischenfruchtanbau (2,9 %), als eine der flächenstärksten Maßnahmen, erreicht. Durch das Programm konnten potenziell 448.854 t **Kohlenstoff in den Boden** eingetragen werden. Der ökologische Landbau konnte im Gegensatz zur konventionellen Bewirtschaftung mehr Kohlenstoff in den Boden eintragen, was sich in einer deutlich weniger negativen bzw. weniger humuszehrenden, vereinfachten Humusbilanz (Netto: 356 Humusäquivalenten pro ha/a) zeigte. Dies entsprach ca. 448.758 t C_{org}/ha*a also rund 92 % der gesamten Kohlenstoffmenge. Danach folgten mit jeweils über 11.000 Tonnen C_{org} die beiden flächenstarken Maßnahmen des Zwischenfruchtanbaus. Weitere Beiträge wurden entsprechend der erreichten Förderflächen von den einjährigen Blühstreifen der Grundförderung (7.027 t C_{org} gesamt) sowie auch deren Zusatzförderung (4.280 t C_{org} gesamt) erzielt. Die **investiven Maßnahmen sowie Beratungs- und Kooperationsmaßnahmen** zeigen insgesamt größtenteils eine gering 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 wichtigen Kulissen (Erosionsschutz), zum anderen an den langen und z. T. indirekten Wirkungsketten der Beratung, Vorhaben und Projekte.

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 in Niedersachsen und Bremen zwar hoch wirksame Maßnahmen, welche allerdings eine zu geringe Reichweite erzielten. Bezogen auf den Kohlenstoffvorrat in niedersächsischen Ackerböden macht die von den wirksamen Maßnahmen gespeicherte Menge an Kohlenstoff nur 0,3 % aus (Möller und Kennpohl, 2014, Tabelle 4). Die

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

Zudem wurden Untersuchungen zur Kosten-Wirksamkeit (Effizienz) der Maßnahmen durchgeführt, deren Erkenntnisse in **Schlussfolgerungen und Empfehlungen** einfließen. Diese reichen von der Anhebung bodenschutzrelevanter GLÖZ-Standards, über das Anbieten weiterer bodenbezogener Maßnahmen und Erhöhung des ELER-Budgets für den Bodenschutz bis hin zu konkreten Maßnahmenempfehlungen. Zur Qualifizierung hinsichtlich der Bodenbewertungskriterien werden für die Maßnahmen Zwischenfruchtanbau, mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan, Erosionsschutz- und Gewässerschutzstreifen sowie die Windschutzhecken Stellschrauben zur Wirkungserhöhung aufgezeigt. Die Vorschläge beinhalten auch Empfehlungen für den Umbau des Maßnahmenangebots hinsichtlich der Lenkung auf erosionsgefährdete und kohlenstoffreiche Flächen und Integration der Bodenschutzthemen in die Beratung.

Summary

This report examines the impact of the *PFEIL – Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und der Freien Hansestadt Bremen* (Rural Development Programme, RDP) on soil protection. On the one hand, it examines the impact of agri-environment-climate measures (AECM) programmed with soil protection objectives (Focus Area soil protection 4C) to prevent soil erosion and improve soil management. On the other hand, it examines the impact of other measures that did not have an explicit soil protection objective but did have an effect (one advisory measure, five investment measures, seven other AECM and organic farming) on the sustainable management of natural resources with a focus on soil protection. For the analysis of resource protection impacts, data from the Integrated Administration and Control System (IACS) were used for the area-based measures. For the investment measures, funding data and the results of the measure-specific evaluation reports were used. In addition, a systematic literature review was conducted. Methodologically, impact pathway analyses, calculations based on the Universal Soil Loss Equation, and with-without/before-after comparisons were carried out. Of particular relevance are specific measure-related evaluation criteria assigned to the impact pathways of soil erosion protection (water and wind) and contribution to carbon storage in the soil.

With regard to the objective of reducing soil loss caused by **water erosion**, 14.5 % of the areas at risk of water erosion ($CC_{Wasser}1$ and $CC_{Wasser}2$) were achieved through **area-based measures**. The potential soil loss prevented by the programme as a whole amounts to over 1.4 million tonnes per annum, of which the measures programmed under the Focus Area soil protection 4C accounted for approximately 222,000 tonnes per annum. On average, this corresponds to approx. 0.3 to 0.5 t/ha*yr. In terms of the maximum tonnes avoided per hectare of subsidised area, the greatest amount of soil material was prevented by the *Erosionsschutzstreifen* (erosion control strips), at around 31 t/ha*yr. These are characterised, on the one hand, by high soil cover and, on the other, by a large proportion within the areas at risk of water erosion. Overall, the soil protection measures on arable land accounted for approximately 5.5 % of the areas at risk of **wind erosion** (CC_{Wind}). The largest share within the areas at risk of wind erosion was achieved through the *Anbau winterharter Zwischenfrüchte* (cultivation of winter-hardy catch crops) (2.9 %), one of the measures covering the largest area. Through the programme, a potential 448,854 tonnes of **carbon** could be **sequestered in the soil**. Unlike conventional farming, organic farming was able to sequester more carbon in the soil, which was reflected in a significantly less negative – or, to put it another way, less humus-depleting – humus balance (net: 356 humus equivalents per ha/year). This corresponded to approx. 448,758 t C_{org}/ha/yr, i. e. around 92 % of the total carbon quantity. This was followed by the two large-scale intercropping measures, each contributing over 11,000 tonnes of C_{org}. Further contributions were made, in line with the areas covered by funding, by the annual flower strips under the basic funding scheme (7,027 t C_{org} in total) as well as those under the supplementary funding scheme (4,280 t C_{org} in total). Overall, the **investment measures**, as well as the **advisory and cooperation measures**, show a largely slightly positive effect on the evaluation criteria under consideration. This is due, on the one hand, to the lack of soil protection planning for the measures and the resulting failure to address impact factors such as directing

land use towards key areas (areas at risk of water erosion), and, on the other hand, to the long and, in some cases, indirect impact chains of advisory services, initiatives and projects.

The **effectiveness** of the measures in terms of erosion control is hampered by the relatively small proportion of land located in areas at risk of water and wind erosion. Although there are highly effective measures in Lower Saxony and Bremen in terms of land area, their coverage is too limited. In terms of the carbon stock in Lower Saxony's arable soils, the amount of carbon stored by these effective measures accounts for only 0.3 % (Möller and Kennpohl, 2014, Table 4). The impact of all soil protection measures on the baseline trend can therefore be classified as slightly positive for soil protection and soil carbon sequestration overall.

In addition, studies were carried out on the cost-effectiveness (efficiency) of the measures, the findings of which have been incorporated into the **conclusions and recommendations**. These range from raising soil protection-related GAEC standards (standards on good agricultural and environmental condition of land), through offering further soil-related measures and increasing the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) budget for soil protection, to specific recommendations for action. To improve the soil assessment criteria, levers for enhancing effectiveness are identified for the measures covering catch crop cultivation, perennial buffer strips – *Rotmilan* (red kite), *Erosions- und Gewässerschutzstreifen* (erosion and riparian control strips), as well as *Windschutzhecken* (windbreaks). The proposals also include recommendations for restructuring the range of measures to focus on areas at risk of erosion and carbon-rich land, and for integrating soil protection issues into advisory services.

1 Einleitung

Die ländliche Entwicklungspolitik ist die zweite Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union (EU). Mit PFEIL – Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen wird die ländliche Entwicklungspolitik der GAP in Niedersachsen und Bremen umgesetzt.[1]

In der GAP wird u. a. auf die Gewährleistung der nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und des Klimaschutzes abgezielt. Dabei spielt auch der Bodenschutz eine Rolle. Entsprechend 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 (ML, 2017a) und 2018 (Grajewski et al., 2019) beantwortet und müssen zur Ex-post-Bewertung 2026 erneut beantwortet werden. Dafür schafft der vorliegende thematische Bericht die Grundlage.

In diesem Bericht werden also die Bodenschutzwirkungen von PFEIL Niedersachsen und Bremen ermittelt und bewertet. Die Wirkungsevaluation 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 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 infolge der Intervention entstanden sind. Die Wirksamkeit setzt die erreichte Wirkung in das Verhältnis zu den 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 ein größerer Wirkungsumfang 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-KOM, 2018a).

Der vorliegende Bericht stellt die Grundlagen und die Ergebnisse für den Bodenschutz dar. Die Bewertungsanforderungen des CMEF für diesen Ziel- und Wirkungsbereich sind in Abbildung 1 dargestellt.

[1] Die Förderperiode 2014 bis 2020 umfasst die Förderjahre 2015 bis 2022, da die FP ein Jahr verspätet begann und um zwei Jahre verlängert wurde. Auszahlungen waren bis 2025 möglich.

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

Bewertung des EPLR in Bezug auf die Schwerpunktbereichsziele (Focus area-related evaluation questions)

Ziel der Priorität 4	Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung der mit der Land- und Forstwirtschaft verbundenen Ökosysteme Schwerpunktbereich 4C: Verhinderung der Bodenerosion und Verbesserung der Bodenbewirtschaftung	
Frage 10	In welchem Umfang wurden durch die Interventionen im Rahmen des Programms zur Entwicklung des ländlichen Raums die Verhinderung der Bodenerosion und die Verbesserung der Bodenbewirtschaftung unterstützt?	
Beurteilungskriterien	Bodenerosion wurde verhindert	Bodenbewirtschaftung wurde verbessert
Gemeinsame Ergebnisindikatoren	R10: Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten (Schwerpunktbereich 4C)	R11: Prozentsatz der forstwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten (Schwerpunktbereich 4C)*

Bewertung des EPLR in Bezug auf die EU-Ziele (Evaluation questions related to EU level objectives)

EU-2020-Ziele	EU-2020-Biodiversitätsstrategie: Aufhalten des Verlustes an biologischer Vielfalt und der Verschlechterung der Ökosystemleistungen in der EU und deren weitestmögliche Wiederherstellung […]	
GAP-Ziele	Gewährleistung der nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und Klimaschutz	
Frage 28 (GAP-Ziele)	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?	
Frage 26 (EU-2020-Ziele)	In welchem Umfang hat das Programm zur Entwicklung des ländlichen Raums zur Verbesserung der Umwelt und zur Erreichung des Ziels der EU-Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt beigetragen, den Verlust an biologischer Vielfalt und die Degradation der Ökosysteme zum Stillstand zu bringen und biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen wiederherzustellen?*2	
Beurteilungskriterien	Die Teilmaßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei.	Die Teilmaßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei.
Gemeinsame Wirkungsindikatoren	I.12 Gehalt des Bodens an organischer Materie im Ackerland	I.13 Wasserbedingte Bodenerosion

* Da keine Forstmaßnahmen in PFEIL angeboten werden, wird dieser Indikator nicht weiter bedient.
*2 Die Bewertungsfrage 26 wird in diesem Bericht nicht weiter betrachtet.
Verwaltungsverträge bezeichnen Bewirtschaftungsverträge der Flächenmaßnahmen, zwischen dem Antragstellenden und der geldgebenden Stelle, über die Laufzeit, Fläche und Art der geförderten Maßnahme.

Quelle: Eigene Darstellung nach EU-KOM (2018a).

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 im 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 programmierten 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 (Wasser- und Winderosion) und die Stabilisierung des Humushaushalts bzw. auf den Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden. Die Wirkung des Programms auf den qualitativen Wasserschutz (SPB 4B) werden im Bericht von Schwenger et al. (2026) untersucht. Die Klimaschutzwirkungen des Programms, z. B durch Kohlenstoffspeicherung im Boden, werden 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 (AL) und I.13 Wasserbedingte Bodenerosion zu quantifizieren. Dabei sind, zusätzlich zu den Maßnahmen mit Ziel im SPB 4C, alle Maßnahmen des Programms mit bodenschutzrelevanten Wirkungen berücksichtigt.

1.2 Aufbau des Berichts

Kapitel 2 beleuchtet die Relevanz der ELER-Förderung für den Bodenschutz und ordnet diese vor dem Hintergrund weiterer Instrumente zum Schutz der Böden vor Wasser- und Winderosion und zur Erhöhung des Humusgehalts der Ackerflächen (AF) ein. Kapitel 3 stellt die bodenschutzrelevanten Maßnahmen 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 EPLR indikatorenbasiert ermittelt. Auf dieser Basis werden dessen Wirksamkeit im Hinblick auf die Bodenschutzziele bewertet und die Bewertungsfragen beantwortet (vgl. Abbildung 1). Bei der Bewertung der Wirksamkeit wird die erreichte Wirkung in das Verhältnis zu vorgegebenen Zielen gesetzt (Kapitel 5.6). 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 in Kapitel 7 beantwortet. Kapitel 8 kondensiert die empirischen Befunde und endet mit Empfehlungen für die Ausgestaltung einer zukünftigen bodenschutzorientierten 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 Klimamaßnahmen (AUKM) (M10) und der Ökologische Landbau (M11). In PFEIL wurde unter M 10 die Teilmaßnahme (TM) 10.1 Zahlungen für AUKM angeboten, die sich in verschiedene Vorhabenarten untergliederten, wie beispielsweise AL21 Anbau von Zwischenfrüchten – Grundförderung. M 11 wurde mit den zwei Teilmaßnahmen Zahlungen für die Einführung (TM11.1) sowie Zahlungen für die Beibehaltung Ökologischer Anbauverfahren (TM11.2) angeboten. Da sich die relevante Umsetzungsebene somit einerseits auf Vorhabenarten und andererseits auf Teilmaßnahmen bezieht, wird im Zweifelsfall der übergreifende Begriff „Maßnahmen“ verwendet.

1.3 Freie Hansestadt Bremen

Das Fördergebiet schließt neben Niedersachsen auch die Freie Hansestadt Bremen mit ein. 28 % der Landesfläche werden landwirtschaftlich genutzt (StaLa, 2021). Flächenmäßig ist Bremen mit ca. 8.890 ha landwirtschaftlicher Fläche weniger bedeutend als Niedersachsen mit knapp 2,5 Mio. ha. Die landwirtschaftliche Fläche Bremens befindet sich überwiegend in Naturschutz- und Landschaftsschutzgebieten und zeichnet sich mit 87 % größtenteils durch Grünlandbewirtschaftung aus (InVeKoS-Daten 2022, SKUMS, 2022).

In Bremen bietet sich die Grünlandbewirtschaftung mit Rindvieh- und Pferdehaltung an, da in vielen Bereichen das Grundwasser sehr hoch ansteht (SUKW, o.J.). Die vorherrschenden Bodentypen Niedermoor, und Moorgley sowie Pseudogley spiegeln die Grundwasser- bzw. die Stauwasserbeeinflussung wider. Auf den tendenziell fruchtbareren Kleimarschen die an die Siedlungsfläche angrenzen und den im Nordwesten vereinzelt anstehenden Braunerden kann Ackerbau betrieben werden (Bodenkundliche Karte Land Bremen, 2024).

Von der Inanspruchnahme der ELER-Flächenmaßnahmen unterscheidet sich die Hansestadt sehr von Niedersachsen. Von der Ackerfläche, welche in Bremen 13 % der landwirtschaftlichen Fläche darstellt, wurden maximal 4 % durch die Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen erreicht. Das Grünland ist dagegen deutlich stärker in der Agrarförderung vertreten, da ca. 19 % des Grünlandes durch die Flächenmaßnahmen erreicht wurde. Besonders der Anteil des ökologischen Landbaus (ÖKO) ist mit über 27 % der landwirtschaftlichen Fläche hervorzuheben (2022). Bremen stellt innerhalb der 5-Länder-Evaluierung das Land mit dem stärksten Zuwachs beim Ökolandbau dar (siehe Akzeptanzbericht zu NI und HB, Kapitel 6.2, Reiter et al., 2025).

In diesem Bericht wird an einigen Stellen, besonders in den vorderen Kapiteln, explizit auf Bremen eingegangen. Bei der Auswertung in den Wirkungskapiteln wird aufgrund der flächenmäßig eher geringen Bedeutung innerhalb der vorwiegenden relevanten Ackermaßnahmen keine separate Betrachtung vorgenommen.

2 Relevanz der Förderung

Die Beschreibung der Ausgangslage und der resultierende Handlungsbedarf sowie die Veränderungen der Ausgangslage seit der Programmlegung teilen sich in die zwei im Rahmen des Schutzgut Boden betrachteten Bewertungskriterien Erosionsschutz und Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung, letzterer als wichtiger Aspekt der Bodenfruchtbarkeit, auf. Zusammengefasst werden die Aspekte Eignung der ELER-VO zur Problemlösung und der Kontext der Förderung.

Weitere wichtige Bodenthemen sind der Schutz vor Bodenverdichtung durch landwirtschaftliche Tätigkeit (gemäß der guten fachlichen Praxis, § 17 BBodSchG[2]), möglichst geringer Flächenverbrauch (Zielsetzung bis 2050 Null-Netto-Flächenverbrauch) und geringe Flächenversiegelung (Zielsetzung bis 2030 unter 30 ha/Tag für Siedlungs- und Verkehrsflächen) (COM(2021) 699 final; DNS 2021; BMUV, 2024; BNatSchG). Diese Themen werden durch den ELER nur randständig adressiert.

2.1 Erosionsgefährdung

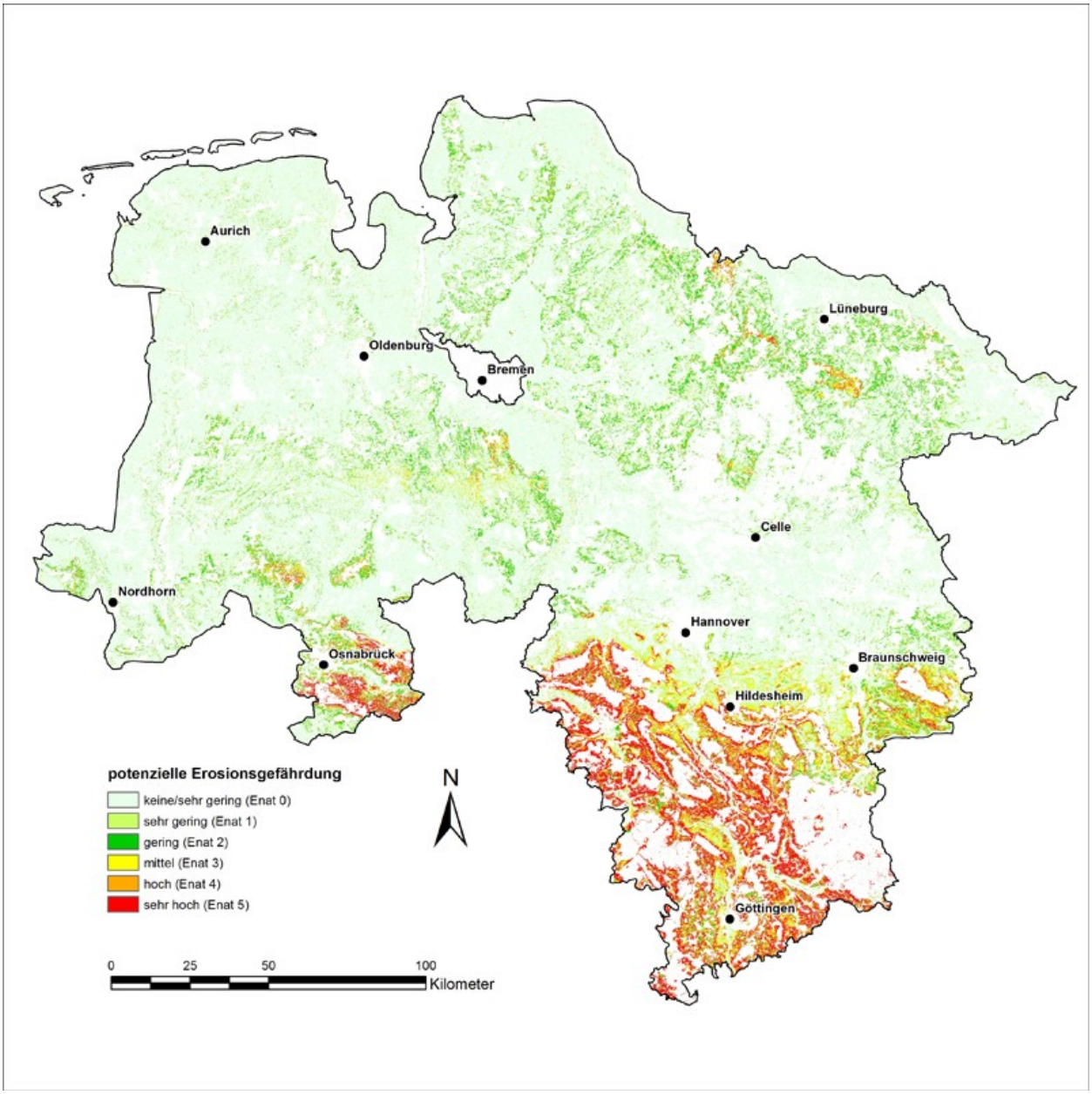
2.1.1 Ausgangslage und Handlungsbedarf

In Teilen des Landes Niedersachsen sind Flächen durch eine hohe Wasser- und/oder Winderosion gefährdet (siehe u. a. dazu MU, 2020; LBEG, 2017, 2010; Steinhoff-Knopp und Bug, 2017; Röder et al., 2019). Rund 10 % der

[2] Bundes-Bodenschutzgesetz

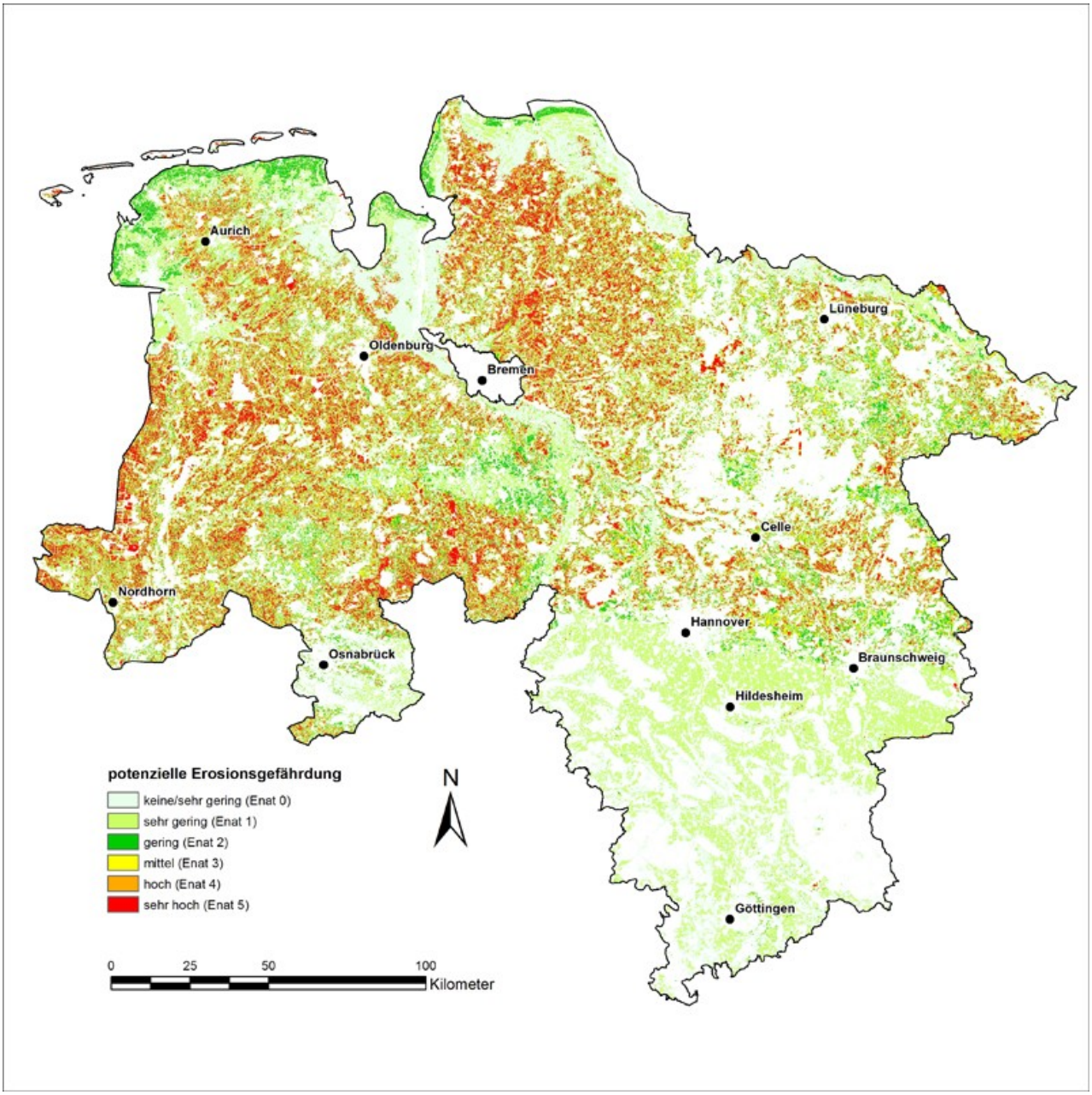
landwirtschaftlich genutzten Böden unterliegen einer starken bis sehr starken Gefährdung durch Wassererosion (vgl. Karte 1) und ca. 23 % sind durch Winderosion (vgl. Karte 2) gefährdet (MU, 2020; ML, o.J.).

Karte 1: Karte der potenziellen Wassererosionsgefährdung in Niedersachsen, ermittelt nach Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN) 19708



Quelle: LBEG, 2015.

Karte 2: Karte der potenziellen Winderosionsgefährdung in Niedersachsen, ermittelt nach DIN 19706



Quelle: LBEG, o.J.

In Niedersachsen sind vor allem die Gebiete mit Lössböden im Süden (wie das Weser- und Leinebergland sowie das Osnabrücker Land) und dort besonders in Hanglagen von Wassererosion betroffen (MU, 2020). Diese Flächen zeichnen sich durch Böden mit Schluffanteilen über 70 % aus oder es handelt sich um Sandböden mit einem hohem Feinsandanteil (Honecker et al., 2022). Die Winderosion kann in den Regionen auftreten, in denen der Wind auf eine unbedeckte Bodenoberfläche trifft. Besonders leichte und trockenere Sandböden mit einem hohen Anteil an Mittel- und Feinsanden, der Geest und landwirtschaftlich genutzten Moorböden zeichnen sich durch eine erhöhte Gefährdung durch Winderosion aus (Honecker et al., 2022; MU, 2020).

In Bremen ist die Erosionsgefährdung flächenmäßig weniger bedeutend. Das liegt an dem hohen Anteil an Grünland an der landwirtschaftlichen Fläche. Mit der geschlossenen Grasnarbe auf Grünland kann auch keine Erosion (Wind, Wasser) ansetzen. Demnach ist die Erosionsgefährdung nur für die vergleichsweise geringe

Ackerfläche relevant. Weitere Angaben zur Erosionsgefährdung der Ackerflächen in Bremen sind aufgrund der Weißflächen in den Karten nicht möglich.

Demnach ist der **Handlungsbedarf** als mittel einzustufen, da das Problem der Erosionsgefährdung in Niedersachsen und Bremen vorkommt, es jedoch auf bestimmte Regionen begrenzt ist (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 Landkreisen).	●
hoch	Es gibt einen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld.	

Quelle: Eigene Darstellung.

Die EU-KOM führt und berichtet im Rahmen von Kontextindikatoren auch die Erosionsgefährdung, welche in der EU regelmäßig auf Ebene der Mitgliedstaaten und Bundesländer erfasst wird. Für den Bodenschutz ist der Kontextindikator C.42 Bodenerosion durch Wasser (Soil erosion by water) relevant, welcher sich in zwei Unterindikatoren (s. u.) aufteilt. Für die Winderosion ist auf der EU-Ebene kein Indikator vorhanden, weshalb auf die Datenquellen des LBEG und des European Soil Data Centre vom Joint Research Centre (JRC) zurückgegriffen wird (LBEG, o.J.; JRC, 2016).

Als erster C.42 Unterindikator wird die Erosionsrate erfasst, welche in Deutschland bei 1,23 t/ha/a für das Jahr 2016 angegeben ist. Niedersachsen weist mit einem Wert von 0,6 t/ha/a einen halb so großen Wert auf. Bremen liegt bei 0,2 t/ha*a. Nach dem zweiten Unterindikator „Anteil der moderaten bis hoch erosionsgefährdeten landwirtschaftlichen Fläche“ (> 11 t/ha/a) liegt der Wert in Niedersachsen bei 0,4 % (auf Acker: 0,6 %, auf Grünland: 0,0 %) und in Bremen bei 0 % und damit deutlich unter dem bundesdeutschen Mittelwert von 1,4 % (EU-KOM, 2019). Diese Auswertung beruht allerdings auf der Annahme einer homogenen Verteilung der Ackerkulturen auf Ebene der NUTS-1-Regionen. 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.

Auf der Ebene Niedersachsens und Bremens 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 (ErosionSchV 2016)). Sie wird aufgeteilt nach Cross Compliance (CC, Weiteres zum Förderrecht siehe Kapitel 2.4) mit der Untergliederung für $CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$, $CC_{Wind}0$ bis $CC_{Wind}5$ sowie nach dem potenziellen Bodenabtrag entsprechend der natürlichen Erosionsgefährdung (E_{nat}-Stufen). Die sehr hoch von Wassererosion gefährdete Fläche lag im Jahr 2015, dem Beginn der Förderperiode (FP), bei zusammen knapp 165.000 ha (vgl. Tabelle 2). Im Laufe der FP hat sich die landwirtschaftliche Fläche und demnach auch die Fläche der Wassererosionsgefährdung reduziert. Im Jahr 2022 lag sie bei rund 158.700 ha. Bei der Winderosionsgefährdung verlief es ähnlich, wobei hier der Umfang der Reduzierung größer war (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 2: Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Wassererosionsgefährung

			2015 Fläche E_{nat}-Stufen [ha]	**2022 Fläche E_{nat}-Stufen** [ha]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Stufe**	**Bezeichung Erosionsgefährdung**	2.739.299	2.628.692
davon	davon			
$CC_{Wasser}0$	$E_{nat}0$	keine	1.597.290	1.537.131
	$E_{nat}1$	sehr gering	601.158	569.670
	$E_{nat}2$	gering	179.611	171.480
	$E_{nat}3$	mittel	73.312	70.927
	$E_{nat}4$	hoch	122.954	120.771
$CC_{Wasser}1$	$E_{nat}5.1$	sehr hoch	98.132	95.282
$CC_{Wasser}2$	$E_{nat}5.2$	sehr hoch	66.842	63.430

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des LBEG (2015, 2022).

Tabelle 3: Einstufung der landwirtschaftlichen Fläche nach dem Grad der Winderosionsgefährung

			2015 Fläche E_{nat}-Stufen [ha]	**2022 Fläche E_{nat}-Stufen** [ha]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Stufe**	**Bezeichung Erosionsgefährdung**	2.739.301	2.628.692
davon	davon			
	$E_{nat}0$	keine	594.849	568.594
	$E_{nat}1$	sehr gering	730.680	701.160
	$E_{nat}2$	gering	361.320	347.700
	$E_{nat}3$	mittel	420.680	401.081
	$E_{nat}4$	hoch	400.516	390.202
CC_{Wind}	$E_{nat}5$	sehr hoch	231.256	219.955

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des LBEG (2015, 2022).

Zum Zeitpunkt der Programmlegung (2015) wurde neben dem geltenden Ordnungsrecht (BBodSchG, BBodSchV[3]) das Thema Bodenerosion zuerst in der nationalen Biodiversitätsstrategie (BMU, 2007) allgemein aufgegriffen. Sie enthält das Ziel, die Bodenerosion bis 2020 kontinuierlich zurückzuführen. 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).

[3] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

2.1.2 Veränderte Ausgangslage

Seit der Programmlegung wurde auf der EU-Ebene 2020 die EU-Biodiversitätsstrategie reformiert, mit der enthaltenen allgemeinen Zielsetzung, die Bodenerosion zu verringern (EU-KOM, 2020b). Im Jahr 2021 wurde die Bodenstrategie 2030 verabschiedet. Diese sieht die Bodenerosion u. a. als eine der zentralen Ursachen der Bodendegradation, legt aber, bis auf das Ziel, degradierte Böden wiederherzustellen, keine diesbezüglichen Ziele fest. Auf Bundesebene wurde das Thema in der 2021 veröffentlichten Ackerbaustrategie 2035 aufgegriffen (BMEL, 2021). Erosion wird als wichtiges Problemfeld benannt; Maßnahmen werden aufgeführt, welche dem Erosionsschutz dienen sollen, wie z. B., dass die Flurbereinigung stärker auf Erosionsminderung ausgerichtet werden soll. Auch in der Ackerbaustrategie ist die Zielsetzung allgemeiner Natur. Erosion soll verringert werden, um die Produktions- und Lebensraumfunktion des Bodens zu erhalten (BMEL, 2021). Die Biodiversitätsstrategie 2030 widmet dem Boden ein eigenes Handlungsfeld und hebt die Verringerung der Bodenerosion als notwendigen Bestandteil resilienter Agrarökosysteme hervor (BMUV, 2024). In Niedersachsen und Bremen wurde das Thema Erosion von der Politik aufgegriffen. Im Aktionsprogramm Boden, initiiert aufgrund eines Schwerpunktzieles der Niedersächsische Naturschutzstrategie (MU, 2017), wurde ihm ein eigenes Handlungsfeld gewidmet, mit Handlungszielen und Maßnahmen (MU, 2020). Quantifiziert oder zeitlich terminiert sind die Ziele allerdings nicht. Der ebenfalls 2020 veröffentlichte Niedersächsische Weg führt die Pflicht für breitere Gewässerrandstreifen als Verschärfung des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) ein. Ausreichend dimensionierte Gewässerrandstreifen können das oberflächige Abschwemmen von Bodenmaterial verringern. Zudem ist ein Grünlandumbruchsverbot für erosionsgefährdete Standorte insbesondere erosionsgefährdete Hänge vorgesehen, was dem Entstehen von Bodenerosion durch eine ausreichende und dauerhafte Bodenbedeckung entgegenwirken soll (MU und ML, 2022).

2.2 Kohlenstoffspeicherung im Boden

2.2.1 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Für eine hohe Bodenfruchtbarkeit ist vor allem ein großer Humusgehalt entscheidend. Dieser richtet sich nach der Menge und Zusammensetzung des Eintrags an organischer Substanz (auch organischem 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.

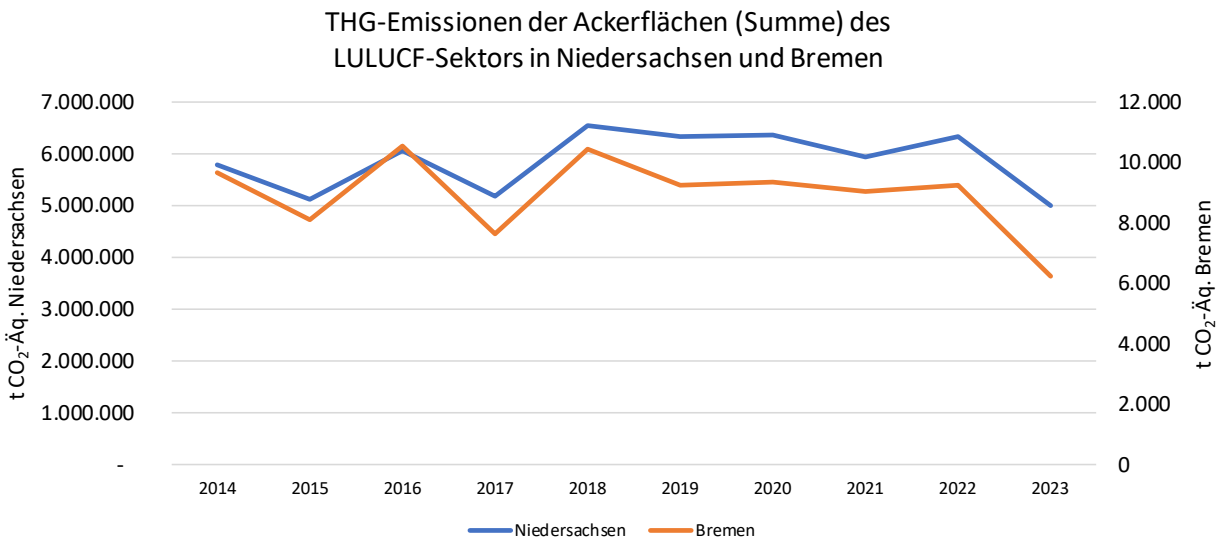
Auf der einen Seite bietet ein erhöhter Gehalt an Bodenkohlenstoff die Möglichkeit, die Bodenstruktur zu verbessern und eine erhöhte Wasserinfiltration zu erreichen, was wiederum die Erosionsanfälligkeit verringert (Paul et al., 2023; Lenka und Fernández-Gentino García, 2021). Auf der anderen Seite ist mit dem Verlust von Oberboden durch die Erosion auch der Verlust von Humus und damit Kohlenstoff sowie Pflanzennährstoffen verbunden (Honecker et al., 2022; Brunotte et al., 2022; Klein et al., 1999). Demnach ist auf Ackerflächen in Niedersachsen und Bremen, auch vor dem Hintergrund des Klimawandels und der daraus folgenden veränderten Bodenprozesse, der standortangepasste Bodenkohlenstoffgehalt aufrechtzuerhalten und eine humusschonende Bodenbearbeitung anzustreben (Engel et al., 2020).

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 Treibhausgas-Emissionen (THG) aus dem Bereich der Landwirtschaft zu verringern, wurden gesetzlich erst nach dem Zeitpunkt der Programmlegung (2015) in der betrachteten FP v. a. im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG 2019) verankert (siehe dazu Kapitel 2.2.2).

Ackerflächen stellen eine wichtige Größe in der nationalen Berichterstattung über die THG-Emissionen 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. In diesem Bericht wird das Ackerland (Summe) von Niedersachsen und Bremen weitergehend betrachtet, welches die zweitgrößte Quelle mit rund 5,0 Mio. t CO_2-Äq. darstellte. Über die umgesetzten PFEIL-Maßnahmen kann durch die Speicherung des Kohlenstoffs im Boden ein Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit und Humusmehrung geleistet werden. Damit verbunden ist die Entwicklung der CO_2-Emissionen im Bereich der Landwirtschaft und damit des LULUCF-Sektors. Der Großteil dieser THG-Emissionen entstand in Niedersachsen. Bremen nahm im betrachteten Zeitraum von 2014 bis 2023 einen Anteil von maximal 0,2 % der Emissionen ein. Seit dem Jahr 2014 mit einem Stand von 5,8 Mio. t CO_2-Äq. haben sich die Emissionen auf 5,0 Mio. t CO_2-Äq. vermindert, wobei einige Schwankungen zu verzeichnen waren (vgl. Abbildung 2). (Gensior, 2025)

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

Abbildung 2: THG-Emissionen der Ackerflächen in Niedersachsen und Bremen 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 JRC der EU-KOM erfasst und wird im Rahmen des Monitorings für die GAP berichtet. Der Kontextindikator C.41 Soil organic matter in arable land gibt die geschätzte Menge an organischem Kohlenstoff in der landwirtschaftlichen Fläche (Ackerland, Grünland und Dauerkulturen) an (Oberboden: 0 bis 20 cm). Differenziert werden zwei Unterindikatoren: Zum einen die geschätzte gesamte Menge an organisch gebundenem Kohlenstoff in Megatonnen (Mt) und zum anderen der mittlere Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff in g/kg Boden (EU-KOM, DG AGRI, 2023). Werte für den Kontextindikator für Deutschland und/oder Niedersachsen und/oder Bremen lagen dafür jedoch nur für die Jahre 2011, 2014, 2015 und 2018 vor (Tabelle 4).

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

Unterindikator	Einheit	Bezugsraum	Jahr			
			2011	2014	2015	2018
1. Total estimates of organic carbon content in arable land	Megatonnen (Mt)	Deutschland	11.781		1.306	1.004
		Niedersachsen (ohne Bremen)		245		
davon Ackerland		Deutschland			416	620
2. Mean organic carbon content	g/kg	Deutschland	16,3		30,1	26,5
		Niedersachsen		21,0		
		Bremen		45,9		

Quelle: Eigene Darstellung mit den Werten von EU-KOM, 2015, 2018b, 2020a; ML, 2015.

Im Jahr 2015 wurde für Deutschland ein geschätzter Gesamtwert von 1.306 Mt (Unterindikator 1) berichtet. Dem Ackerland wurden dabei 416 Mt zugewiesen, was einem Anteil von ca. 32 % entsprach (EU-KOM, 2015). Für den Unterindikator 2 lag ein mittlerer Gehalt von 30,1 g/kg. Drei Jahre später sank der Wert auf 1.004 Mt (Unterindikator 1) sowie 26,5 g/kg (Unterindikator 2). Der Anteil des Ackerlandes lag dort bei 620 Mt bzw. 62 % (hier wurden auch die Dauerkulturen mit eingerechnet) (EU-KOM, 2020a). Bis auf die Weser-Ems Region lag in den NUTS-2-Regionen in Niedersachsen und Bremen 2018 der mittlere Vorrat an organischem Kohlenstoff im Ackerland in der Spannweite zwischen 20 und 30 g/kg. In der Weser-Ems Region lag der Wert bei 31,5 g/kg, womit die Region zusammen mit Hamburg den höchsten Wert Deutschlands aufwies (EU-KOM, 2018b). Ein Zusammenhang mit dem hohen Anteil der Nutztierhaltung und damit verbundenen großen Menge an organischem Wirtschaftsdünger ist naheliegend. Bei der Bodenzustandserhebung 2018 wurde dies anhand der räumlichen Verteilung des mittleren jährlichen C-Eintrags aus organischem Dünger tierischer Herkunft bestätigt (Jacobs et al., 2018).

Die Kohlenstoffgehalte in den Ackerflächen der Bodendauerbeobachtung und in Modellrechnungen zur Bodenzustandsbewertung deuten in vielen Regionen auf einen negativen Trend (Verlust von 0,2 t/ha*a) hin (Flessa et al., 2018). Auch in Humusbilanzmodellierungen für 2020 konnten in einigen Regionen, welche durch den Kartoffel- und Gemüseanbau geprägt sind, u. a. in der Lüneburger Heide deutlich negative Humusbilanzen verzeichnet werden (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).

Im Rahmen der Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen wird seit Beginn der 1990er Jahre auch der C_{org}-Gehalt im Oberboden (0 bis 20 cm) erfasst. Ergebnisse aus dieser 30-jährigen Bodendauerbeobachtung zeigen, dass im Mittel aller 46 Ackerstandorte die Veränderung der C_{org}-Gehalte bei -0,0006 ± 0,016 % pro Jahr liegen. Besonders die Böden mit hohen initialen C_{org}-Gehalten von > 2 % sind von abnehmenden Gehalten betroffen. Auch der Grundwassereinfluss wirkt sich auf die Veränderung aus. An elf Standorten mit Grundwassereinfluss gehen die C_{org}-Gehalte zurück, während an den 34 Standorten ohne Grundwassereinfluss die C_{org}-Gehalte im Mittel konstant blieben. (Höper und Meesenburg, 2021)

Aufgrund der insgesamt nur leicht gesunkenen CO_2-Emissionen der Ackerflächen der letzten Jahren, des sinkenden mittleren Gehalts an organisch gebundenem Kohlenstoff im Boden zu den betrachteten Zeitpunkten und vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenkohlenstoff (s. o.) ist von einem hohen **Handlungsbedarf** auszugehen (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 Landkreisen).	
hoch	Es gibt einen vordringlichen Handlungsbedarf in diesem Wirkungsfeld.	●

Quelle: Eigene Darstellung.

2.2.2 Veränderte Ausgangslage

Seit dem Zeitpunkt der Programmlegung (2015) hat sich im Klimaschutzbereich sehr viel verändert, was mit Auswirkungen auf den Bodenschutz und die Bewirtschaftung der Ackerflächen verbunden ist. Durch die Möglichkeiten der Kohlenstoffspeicherung im Boden können Beiträge zur Reduzierung der THG-Emissionen geleistet werden. Dies ist auch in den gesetzlichen Vorgaben stärker in den Fokus getreten. Auf der Bundesebene wurden – ausgelöst durch das internationale Klimaabkommen von Paris im Jahr 2015 – verschiedene Gesetze, Programme und Pläne verabschiedet, allen voran das Bundes-Klimaschutzgesetz, um die Emissionen aus der Landwirtschaft und dem „Land use, land-use change and forestry"-Sektor (LULUCF-Sektor) zu reduzieren (KSG 2019; BMU, 2016; Bundesregierung, 2023). Aus dem dort vereinbarten Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 lässt sich auch die Notwendigkeit zur Kohlenstoffspeicherung in der Landwirtschaft ableiten. Die THG-Emissionen aus der Landwirtschaft, die zum LULUCF-Sektor gehören, müssen weiter reduziert werden. Bis 2030 sollen die zulässigen, jährlichen THG-Emissionen aus der Landwirtschaft (inklusive der Emissionen aus den landwirtschaftlichen mobilen und stationären Verbrennungen) 56 Mio. t CO_2-Äquivalente nicht überschreiten (entspricht einer Minderung von 25 Mio. t CO_2-Äquivalenten im LULUCF-Sektor) (KSG 2019).

Allgemeine Ziele ohne Quantifizierungen zum Erhalt und Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung und -kapazitäten im Boden, zum Humusaufbau und zur Unterstützung von das Bodenleben fördernde Bewirtschaftungsmethoden sind in einigen niedersächsischen Gesetzen, Programmen und Vereinbarungen enthalten (MU und ML, 2022; MU, 2020; NKlimaG 2020).

Quantifizierte Ziele in Niedersachsen entsprechen den Zielen auf Bundesebene. Die THG-Emissionen sind bis 2030 um mind. 56,5 % bis zu 65 % gegenüber 1990 zu verringern (MU 2020; MU, 2021). Als Sektorziele für die Landwirtschaft sind gesetzt, die THG-Emissionen um mind. 12,3 % bis 2025 und mind. 21,9 % bis 2030 gegenüber den Emissionen im Jahr 1990 zu senken (MU, 2021). Des Weiteren ist angestrebt, die jährlichen THG-Emissionen kohlenstoffreicher Böden bis zum Jahr 2030 um 1,65 Mio. t zum Vergleichsjahr 2020 zu mindern (MU 2020). Im Land Bremen, das keine Sektorziele für den Bereich Landwirtschaft aufweist, ist das übergeordnete Ziel zu nennen, die CO_2-Emissionen bis zum Jahr 2038 um mindestens 95 % gegenüber dem Niveau des Basisjahres 1990 zu reduzieren (einschließlich Stahlindustrie) (Bremische Bürgerschaft, 2022).

2.3 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 Säule 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 in der EU viele Betriebe und 85 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen erreicht werden (EuRH, 2023). In Niedersachsen und Bremen ist der Anteil an landwirtschaftlichen Flächen, die von Direktzahlungen erreicht werden deutlich höher: Niedersachsen ca. 98 %, Bremen ca. 96 % (Destatis, 2024). Aufgrund der Kombination finanzieller Einkommensunterstützungen mit Entlohnungen 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 Modellierungs-Ergebnissen konnten leicht positive Effekte auf die Bodenressource für die CC-Vorschriften 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 Pflugverbot (AgrarZahlVerpflV).

Im Bereich der Kohlenstoffspeicherung im Boden als zentralen Punkt für die Bodenfruchtbarkeit ist 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 umweltsensiblen 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, Bracheflächen und die Zwischenfrüchte (Lakner, 2018). Am stärksten wurde im Jahr 2021 der Zwischenfruchtanbau umgesetzt (90 % der ÖVF), gefolgt von den Brachen ohne Erzeugung (6,7 % der ÖVF) (vgl. Tabelle 8 im Bericht von Reiter et al., 2025).

Bei den Flächenmaßnahmen der **zweiten Säule** der GAP stellen die CC-Regelungen die Baseline (gem. Art. 28 VO (EU) Nr. 1305/2013) dar und bieten weitergehende Fördermöglichkeiten für landwirtschaftliche Betriebe. Durch den ELER werden darüber hinaus investive Vorhaben, die europäischen Innovationspartnerschaften (EIP-Agri) und Beratungs-/Bildungsmaßnahmen gefördert. Besonders wichtig für den Bodenschutz sind die **Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen** und der **ökologische Landbau**. Das Ambitionsniveau der meist fünf- bis siebenjährigen AUKM muss über dem der ersten Säule liegen und lässt damit positive Effekte für den Bodenschutz erwarten, wenn sie für den Bodenschutz programmiert sind oder bodenschutzrelevante Förderbausteine enthalten. Die Höhe dieser AUKM-Zahlungen orientiert sich an der zuvor auf Basis der für die Region typischen zusätzlichen Kosten und Einkommensverluste (Feindt et al., 2021). Allerdings war in Niedersachsen und Bremen dem SPB 4C Bodenschutz nur ca. 8 Mio. Euro zugewiesen, was ca. 0,4 % des EPLR Gesamtbudgets darstellte (Röder et al., 2019). Das Budget basiert zum Teil 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 Ordnungs- und Förderrecht der ersten Säule hinausgehen. Darüber hinaus können durch den ELER bodenschutzrelevante Wirkungen durch die Förderung verschiedener investiver Vorhaben im Bereich des Natur- und Gewässerschutzes sowie 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 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 6).

Tabelle 6: 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.

2.4 Kontext der Förderung

Bodenschutz ist in einen strategischen und rechtlichen Rahmen eingebunden, wobei Impulse vor allem von der EU gesetzt werden.

Auf der **Ebene der EU** adressiert mit strategischen Ansätzen neben der EU-Bodenstrategie (COM(2021) 699 final), welche bis 2050 eine gute Bodengesundheit fordert, der **Green Deal** den Bodenschutz. Er setzt sowohl für den Erosionsschutz als auch Bodenkohlenstoff einen übergeordneten strategischen Rahmen. Die Biodiversitätsstrategie 2030, die Farm-to-fork Strategie und das EU-Klimagesetz enthalten in unterschiedlichem Umfang auch Maßnahmen für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung (Montanarella und Panagos, 2021). In der Farm-to-fork Strategie (COM (2020) 381 final) ist das Ziel der Reduktion des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln (PSM) um 50 % bis 2030 enthalten. Eine Reduktion von PSM wirkt sich positiv auf die

Bodengesundheit aus, da die Belastungen mit Schadstoffen verringert wird. Eine Stärkung des ökologischen Landbaus ist in der Biodiversitätsstrategie 2030 enthalten (COM (2020) 380 final). Rund 25 % der landwirtschaftlichen Fläche der EU sollen zukünftig ökologisch bewirtschaftet werden. Der Bewirtschaftungsansatz und die damit verbundenen Maßnahmen erbringen nachweislich positive Umweltauswirkungen für die Kohlenstoffspeicherung im Boden und den Schutz vor Bodenerosion (Haller et al., 2020; Tiefenbacher et al., 2021; Wüstemann et al., 2023). Zudem sollen 10 % der landwirtschaftlichen Fläche mit Landschaftselementen ausgestattet werden. Darunter zählen auch Pufferstreifen, Hecken und nichtproduktive Bäume, welche die Gefahr der Bodenerosion verringern und einen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung leisten (Drexler et al., 2021; Honecker et al., 2022; Wüstemann et al., 2023). Es wird bekräftigt, den Schutz der Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen, die Bodenerosion zu verringern und die Kohlenstoffspeicherung im Boden zu stärken, was auch durch nachhaltige Bodenbewirtschaftungsverfahren im Rahmen der GAP umgesetzt werden soll (COM (2020) 380 final). Mit dem europäischen Klimagesetz wurde die Treibhausgasneutralität der EU bis 2050 festgesetzt (Europäisches Klimagesetz). Damit verbunden sind für den Bodenschutz die Sicherung kohlenstoffreicher Böden als große Kohlenstoffsenken und im ackerbaulichen Bereich die Reduktion der bodenbezogenen CO_2-Emissionen (Europäisches Klimagesetz, 2021).

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 im Boden gebunden werden (Unseld et al., 2011; Da Re et al., 2023). Niedersachsen wies 2024 im Vergleich zu anderen Bundesländern die zweitgrößte Agroforstfläche (305 ha) auf (DeFAF, 2023) und fördert auch deren Anlage (ML, 2023), seit 2025 auch über die Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) (ML, 2025c). Neben dem ELER zählt zu den europäischen Struktur- und Investitionsfonds der EU auch der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (**EFRE**). Dieser ist auf die Investitionen in Beschäftigung und Wachstum ausgerichtet. Allerdings sind auch Überschneidungen mit einigen Umweltthemen möglich. Bezüge zum Bodenschutz bestehen nur über lange Wirkungsketten und zielen auf andere Wirkungspfade im Bodenschutz. Ein spezifisches Ziel thematisiert die „Verbesserung des Schutzes und der Erhaltung der Natur, der biologischen Vielfalt und der grünen Infrastruktur, einschließlich in städtischen Gebieten sowie Verringerung aller Formen von Umweltverschmutzung“. Im Rahmen dieses Zieles wurden z. B. verschiedene Bodensanierungen durchgeführt. Ein weiteres spezifisches Thema umfasst die „Förderung der integrierten, inklusiven sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen lokalen Entwicklung der Kultur, des Naturerbes, des nachhaltigen Tourismus und der Sicherheit außerhalb städtischer Gebiete“. Im Rahmen der ökologischen Entwicklung wurde hier z. B. der Aufbau eines landkreisübergreifenden Netzwerkes zur Moorpflege und Moorbewirtschaftung in der Moorregion Elbe-Weser gefördert. Letzteres zeigt die langen Wirkungsketten, die verfolgt werden müssen, um beim Bodenschutz messbare Umweltwirkungen zu erzielen. Der Anteil der Interventionen, welche „Naturschutz und Schutz der biologischen Vielfalt, Naturerbe und natürliche Ressourcen, grüne und blaue Infrastruktureinrichtungen“ unterstützen und nach den Projektlisten identifiziert werden konnte, lag bei unter 1 % bzw. vier Vorhaben. Ausgegeben wurden dafür ca. 2,5 Mio. Euro (NBank, 2024).

Auf der **nationalen Ebene** wird sich auf der strategischen Ebene im Rahmen der Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK), dem Ausbau der Böden als Kohlenstoffspeicher gewidmet (BMUV, 2023). Die Ackerbaustrategie 2035 formuliert das Ziel, den standortgerechten Humusgehalt aller Ackerböden bis 2030 anzustreben, den Bodenschutz weiter zu stärken sowie die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen (BMEL, 2021). In der Biodiversitätsstrategie 2030 wird dem Boden ein eigenes Handlungsfeld gewidmet und in zwei weiteren Handlungsfeldern Bodenerosion und Kohlenstoffspeicherung explizit aufgegriffen. Als Ziel wurde die „Globale

gemeinsame Bewältigung des Biodiversitätsverlusts, des Klimawandels und der Umweltverschmutzung“ gesetzt, welche die Sicherung der natürlichen Kohlenstoffsenken sowie der Bodenschutz umfasst (BMUV, 2024).

Das **nationale Bodenschutzrecht** zielt darauf ab, die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen und schädliche Bodenveränderungen zu vermeiden. Auch die Vorsorge ist ein wichtiger Grundsatz, welcher im Rahmen der guten fachlichen Praxis (gfP) zum Tragen kommt (BBodSchG). Beim Thema Bodenschutz vor Humusabbau, welcher ein wichtiger Faktor der Bodenfruchtbarkeit darstellt, bestehen keine konkreten, differenzierten Anforderungen und Vollzugsinstrumente, wodurch der Boden nicht ausreichend geschützt ist (Möckel et al., 2014). Auch der Erosionsschutz wird ordnungsrechtlich nicht weiter konkretisiert. Des Weiteren wird über das nationale KSG die Notwendigkeit zur Kohlenstoffspeicherung in der Landwirtschaft ableiten adressiert (siehe Kapitel 2.2.2). Ein Instrument mit gesetzlicher Verankerung, welches in der Umsetzung die Erosionsgefährdung der Fläche langfristig reduzieren kann, ist die Flurbereinigung bzw. -neuordnung (Honecker et al., 2022). Die Flurbereinigung umfasst die Bodenordnung und basiert auf dem Flurbereinigungsgesetz (FlurbG). Flurbereinigungsverfahren streben nach einer Entflechtung divergierender Nutzungsansprüche, um bedarfsgerecht Grundstücke auszuweisen und landeskulturelle Nachteile zu beheben. Die Flurbereinigung wird auch außerhalb des ELER angeboten. Finanziert werden die Verfahren mit Mitteln von der EU, dem Bund und den Ländern (ML, 2025a).

Darüber hinaus wird Bodenschutz auch in anderen Bereichen außerhalb des gesetzlichen und strategischen Rahmens adressiert, allerdings nur in einem geringen Umfang.

Die Zertifizierung für den Aufbau von organischem Kohlenstoff (sogenannte „**Humuszertifikate**“) ist ein anderes Instrument, welches während der FP zunehmend Aufmerksamkeit erhalten hat. Vergeben werden sie von privatwirtschaftlichen Initiativen und Unternehmen im Bereich des freiwilligen CO_2-Markts. 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.).

Eine weitere Möglichkeit, wie Erosionsvorsorge außerhalb der eigentlichen Landwirtschaft thematisiert wird, zeigt der Bereich des **Bauwesens und der Planungspraxis**. Niedersachsen veröffentlicht dazu Handlungsempfehlungen mit entsprechenden Maßnahmen (Engel und Prause, 2021; LBEG, 2017a). Dieser Bereich der räumlichen Planung und Vorhaben von Erdkabelverlegungen weist jedoch in Bezug auf die betroffene Fläche eine geringere Bedeutung als die ELER-Förderung auf, welche mehrere tausende Hektar umfasst.

Das Wirkpotenzial des EPLR ist im Vergleich zu alternativen Instrumenten insgesamt als mittel einzuschätzen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Bedeutung des EPLR im Verhältnis zum Kontext

Bedeutung	Bedingungen	Bewertung im Programmgebiet
gering	Das Wirkungspotenzial des EPLR ist im Vergleich zu alternativen Instrumenten als gering einzuschätzen. (Die Zielerreichung/Problemlösung wird durch den EPLR kaum beeinflusst).	
mittel	Das Wirkungspotenzial des EPLR 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 EPLR ist im Vergleich zu alternativen Instrumenten als zentral/sehr hoch einzuschätzen.	

Quelle: Eigene Darstellung.

3 Relevante Maßnahmen und Umsetzung

In den folgenden Kapiteln werden die bodenschutzrelevanten Maßnahmen aus dem ELER-Maßnahmenportfolio von Niedersachsen und Bremen ausgewählt. Diese werden dann anhand der Kriterien Zielsetzungen gemäß der Programmierung (Kapitel 3.1), geplanten Zielgrößen (Kapitel 3.2) sowie erreichten Outputs (Kapitel 3.4) charakterisiert. Auch eine Kurzbeschreibung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen wird vorgenommen (Kapitel 3.3).

3.1 Zielsetzungen

Die für die Bodenschutzwirkung relevanten Maßnahmen (M10, ELER-Code 10.1) mit prioritärem Ziel im SPB 4C (P) sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Maßnahmen mit prioritären Bodenschutzziel

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung
BS71	Erosionsschutzstreifen
BS72	Gewässerschutzstreifen
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion

Quelle: Eigene Darstellung entsprechend dem genehmigten Programm (ML, 2015), den Angaben der Verwaltungsbehörde und Fachreferate.

Für die Bewertung auf Programmebene bzw. für das Themenfeld Boden werden zudem die von der Evaluation zugeordneten Maßnahmen ohne programmiertes Ziel aber mit möglicher Wirkungen gemäß des Feinkonzepts (Bathke et al., 2024) aufgeführt (Ø). Weiterhin sind Maßnahmen gelistet, die zwar ohne Bodenschutzziel sind aber aufgrund der Einschätzung der Evaluator:innen mit potenziellen positiven oder negativen Wirkungen dem Themenfeld Boden zugeordnet wurden (/). Inhaltlich reicht die Ausrichtung der Maßnahmen damit von Flächenmaßnahmen (TM10.1., M11), über investive Maßnahmen (z. B. TM4.3, TM16.1) bis hin zu Förderung des Humankapitals bzw. Beratungsmaßnahmen (z. B. TM2.1) (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Zuordnung der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Zielsetzung SPB 4C
EB	Einzelbetriebliche Beratung	Ø
Flur	Flurbereinigung	Ø
SAB	Spezieller Arten- und Biotopschutz	Ø
FGE	Fließgewässerentwicklung	/
EELA-V	Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften	/
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	Ø
AL5	keine Bodenbearbeitung nach Mais	/
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	/
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	/
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	/
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	/
BS9	Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz	Ø
ÖKO	Ökologischer Landbau	Ø
EIP-Agri	Europäische Innovationspartnerschaften	/

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

Quelle: Eigene Darstellung entsprechend dem genehmigten Programm (ML, 2015), den Angaben der Verwaltungsbehörde, der Fachreferate sowie dem Feinkonzept (Bathke et al., 2024).

3.2 Geplante Outputs der Maßnahmen

Zur Finanzierung der Maßnahmen mit Bodenschutzziel sind die in Tabelle 10 aufgeführten öffentlichen Mittel und materielle Outputs laut Programm Version 9.1 vorgesehen (ML, 2022). Dies spiegelt den Planungsstand nach der zweijährigen Programmverlängerung und Integration der EURI-Mittel wider. Insgesamt sind für die vier Flächenmaßnahmen ca. 27 Mio. Euro eingeplant.

Tabelle 10: Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen mit programmiertem Bodenschutzziel

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Ziel [ha]	Indikative Mittel [Euro]
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung	50.000	25.030.405
BS71	Erosionsschutzstreifen	50	240.000
BS72	Gewässerschutzstreifen	300	1.280.000
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion	40	800.000
Summe öffentlicher Mittel			**27.350.405**

Quelle: Eigene Darstellung nach Programm 9.1 (ML, 2022).

Der Anbau von Zwischenfrüchten (Grundförderung) nimmt mit Abstand den größten Anteil der indikativen Mittel und Fläche ein. Zu Beginn der FP (Version 1.6) war das Outputziel noch auf 11.500 ha angesetzt mit 6,4 Mio. Euro öffentlichen Mitteln (ML, 2015). Das Ziel wurde im Laufe der Umsetzung des EPLR deutlich erhöht.

Die flächenmäßig eher kleinen Streifenmaßnahmen (BS) liegen naturbedingt in einer kleineren Größenordnung. Im Vergleich untereinander weisen die Windschutzhecken die höchste Förderung pro Hektar auf, was in der Dauerhaftigkeit bzw. Verpflichtung zur Beibehaltung der angelegten Hecken über den Förderzeitraum hinaus begründet ist.

Zur Bewertung der Programmwirkung werden weitere Maßnahmen zum Bodenschutz hinzugezogen (vgl. Tabelle 11). Die Zuordnung erfolgte im Feinkonzept (Bathke et al., 2024).

Tabelle 11: Geplante Ziele und Mittel der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Ziel [ha]	Ziel [n]	Indikative Mittel [Euro]	Zielsetzung SPB 4C
EB	Einzelbetriebliche Beratung	-	12.542 Betriebe	9.762.923	Ø
Flur	Flurbereinigung	-	720 Vorhaben [1)]	204.703.115	Ø
SAB	Spezieller Arten- und Biotopschutz	-	35 Vorhaben	16.510.762	Ø
FGE	Fließgewässerentwicklung	-	k. A.	44.234.801	/
EELA-V	Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften	-	k. A.	41.321.737 [2)]	/
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	30.000	-	20.333.137	Ø
AL5	keine Bodenbearbeitung nach Mais	8.890	-	3.795.000	/
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	17.000	-	78.705.176	/
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	7.000	-	8.000.000	/
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	1.500	-	10.000.000	/
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	2.000	-	17.836.455	/
BS9	Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz	50	-	1.200.000	Ø
ÖKO	Ökologischer Landbau	106.000	-	256.302.377	Ø
EIP-Agri	Europäische Innovationspartnerschaften	-	10 Gruppen	29.750.000	/
Summe öffentlicher Mittel				**742.455.482**	

1) Inkl. der Teilmaßnahme 4.3 Ländlicher Wegebau (nicht im Rahmen der Flurbereingung)

2) Zusammen mit der Vorhabenart Pläne für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten (EELA-P)

Ø = ohne Ziel, im Feinkonzept vereinbarte Untersuchung bei erwarteter Wirkung,

/ = ohne Bodenschutzziel aber mit potenziellen positiven/negativen Wirkungen

Quelle: Eigene Darstellung nach Programm 9.1 (ML, 2022).

Der Schwerpunkt der weiteren Maßnahmen liegen auf den Flächenmaßnahmen, allen voran dem ökologischen Landbau. Daneben gibt es zahlreiche weitere AUKM mit allerdings geringeren Finanzansätzen und Flächenumfängen. Die Nicht-InVeKoS-Maßnahmen beinhalten sowohl Beratungs- und Kooperationsmaßnahmen wie auch investive Förderung, wobei herauszustellen ist, dass von diesen Maßnahmen oft nur ein Teil für den Bodenschutz relevant ist.

3.3 Kurzbeschreibung der Maßnahmen

3.3.1 Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen

Zu den Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzzielsetzung gehört die **Zwischenfrüchte – Grundförderung** (AL21) Es wurde der Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten (wenn sie über den Winter hin beibehalten werden)

auf mindestens 5 % des betrieblichen Ackerlandes gefördert. Der Einsaatzeitpunkt sowie der Zeitpunkt zum frühesten Umbruch war vorgegeben, die Düngung wurde eingeschränkt und der Einsatz von PSM verboten (ML, 2015; RL NiB-AUM 2015). Bodenschutzeffekte ergeben sich durch die Bodenbedeckung in den Wintermonaten (Verhinderung brachliegender, unbedeckter Böden) und die Integration humusmehrender Kulturen. Ausführungen zur Akzeptanz und Inanspruchnahme der Vorhabenarten sind dem Bericht von Reiter et al. (2025) zu entnehmen.

Die **Erosionsschutzstreifen** (BS71) waren lagetreue Grünstreifen in wassererosionsgefährdeten Gebieten (E_{nat}3-5), welche eine Breite zwischen 6 und 30 m aufwiesen. Nach der Einsaat zum vorgegebenen max. Zeitpunkt war der Aufwuchs über die Verpflichtungsdauer aufrechtzuerhalten. Eine Anwendung von PSM und Düngemitteln war untersagt. Die **Gewässerschutzstreifen** (BS72) wichen nur in der Hinsicht von den Bedingungen der Erosionsschutzstreifen ab, dass sie entlang oberirdischer Gewässer liegen mussten (RL NiB-AUM 2015; ML, 2015). Ausführungen zu den Wirkungen der Erosionsschutzstreifen, durch die dauerhafte Bodenbedeckung und der Beitrag zum Kohlenstoffeintrag im Boden sind auch dem Bericht von Scholz (2024) zu entnehmen. Grünstreifen können aufgrund der Begrünung der Bodenoberfläche in Fällen der Anlage quer zur Hauptwindrichtung auch zum Winderosionsschutz beitragen (Duttmann et al., 2011).

Zum Schutz vor Winderosion wurde die **Heckenanlage** (BS8) angeboten. Sie umfasste das Einbringen von drei Baumreihen standorttypischer Laubgehölze in winderosionsgefährdeten Ackerflächen (E_{nat}4 und E_{nat}5, Gebietskulisse „Winderosion/Windschutz“ des LBEG) mit Bestätigung der Unteren Naturschutzbehörden (UNB) und quer zur Hauptwindrichtung (RL NiB-AUM 2015; ML, 2015). Die Wirkung für den Bodenschutz wird dabei durch das Senken der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche erzeugt, welche zu einer geringeren Winderosion führt (Duttmann et al., 2011).

Eine Zuordnung der Maßnahmen mit programmiertem Bodenschutzziel zu den beiden Bewertungskriterien/Wirkungspfaden und den entsprechenden Wirkungsfaktoren (ausschließlich positiv) als Ergebnis des Screenings (theoretische Wirkungspfadanalyse) ist Tabelle 12 zu entnehmen. Dabei sind die letzten beiden Wirkungsfaktoren „Anbau humusmehrender Kulturen“ und „mehrjährigen Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln)“ zur Kohlenstoffspeicherung im Boden zentral. Die Wirkungsfaktoren „Erhöhung der Bodenbedeckung“, „Verkürzung der erosiven Hanglänge“ sowie „bodenschonende Bewirtschaftung“ sind für den Wassererosionsschutz ausschlaggebend. Für den Winderosionsschutz relevant sind, wie auch beim Wassererosionsschutz, die Wirkungsfaktoren „bodenschonende Bewirtschaftung“ und „Erhöhung der Bodenbedeckung“ sowie zusätzlich die „Verringerung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche“.

Tabelle 12: Zuordnung der Maßnahmen mit programmierten SPB4C-Ziel zu den Wirkungpfaden und damit verbundenen Wirkungsfaktoren

	Wirkungspfade	Wassererosions-schutz	Erosionsschutz		Winderosions-schutz	Kohlenstoffspeicherung im Boden	
		Wirkungsfaktoren					
Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Verkürzung der erosiven Hanglänge	boden-schonende Bewirt-schaftung	Erhöhung der Boden-bedeckung	Verringerung der Windgeschwindig-keit an der Boden-oberfläche	Anbau humus-mehrender Kulturen	mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoff-eintrag durch Wurzeln)
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung			x		x	
BS71	Erosionsschutzstreifen	x		x		(x)	x
BS72	Gewässerschutzstreifen	(x)		x		(x)	x
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion				x		x

(x) Wirkung nicht intendiert, im Einzelfall möglich

x Wirkung intendiert

Quelle: Eigene Darstellung.

3.3.2 Weitere Maßnahmen ohne programmiertes Ziel

Des Weiteren erfolgt eine Charakterisierung der nicht-programmierten Maßnahmen mit einer möglichen Wirkung (Ø-Ziel aus dem Feinkonzept sowie weitere relevante Maßnahmen mit Bodenschutzwirkung /). Diese Maßnahmen liegen außerhalb der Interventionslogik für den SPB 4C, können trotzdem positive oder auch negative Wirkungen auf den Boden entfalten.

Die **Einzelbetriebliche Beratung** (TM2.1, EB) wurde zu verschiedenen Themen u. a. mit Bodenschutzbezug im ganzen Programmgebiet angeboten. Gefördert wurden die Beratungsanbieter von Beratungsdienstleistungen, die wiederum Landwirt:innen und anderen Landbewirtschaftenden eine Beratung entsprechend der spezifischen Anforderungen der Betriebe anboten (ML, 2015). Bis einschließlich 2022 wurde die Maßnahme gefördert. In dem Bericht von Eberhardt (2021) wird die Umsetzung der Beratungen durch die Beratungsanbieter analysiert.

Im Rahmen der **Flurbereinigung** (TM4.3, Flur) werden Flächen im ländlichen Raum nach den gesetzlichen Möglichkeiten so umgestaltet, dass Landnutzungskonflikte gelöst und Wirtschafts- und Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft verbessert werden (ML, 2015). Durch PFEIL wurde im Rahmen der Flurbereinigung nur der Wegebau mit EU-Mitteln kofinanziert. Allerdings gehört zum Gesamtvorhaben der Flurbereinigung auch die rein national finanzierte Bodenordnung u. a. mit dem Ziel der Entflechtung der Nutzungskonkurrenzen in Form von Flächenbereitstellungen für den Gewässerschutz, das Einbringen biotopgestaltender Maßnahmen sowie der Verringerung von Bodenerosion (Bathke, 2025b).

Im Rahmen der den Flurbereinigungsvorhaben anhänglichen Verfahren zur Bodenordnung (rein nationale Mittel) können auf den bereitgestellten Flächen auch Bewirtschaftungsmaßnahmen festgeschrieben oder Landschaftselemente eingebracht werden, die dem Bodenschutz zuträglich sind. Einen Beitrag zum Erosionsschutz leistet die Bodenordnung, indem landwirtschaftliche Flächen so umgestaltet werden, dass die Wind- und/oder Wassererosion vermindert werden. Beispiele dafür sind Änderungen der Schlagausrichtung, Veränderung der Bewirtschaftungsrichtung und -weise, Schlagunterteilung, Heckenpflanzungen, bis hin zur Nutzungsänderung (Steininger und Wurbs, 2017, 2023; Richter, 2024). Bereits in der letzten FP *PROFIL* 2007 bis 2013 wurde auch die Anlage von Grünstreifen in erosionsgefährdeten Bereichen und entlang von Gewässern umgesetzt. Diese Maßnahmen bezogen sich auch auf größere, zusammenhängende räumliche Gebiete (Bathke und Tietz, 2016). Auch die Kohlenstoffspeicherung im Boden kann im Einzelfall durch verschiedene Wirkungsfaktoren bedient werden, wenn beispielsweise Hecken angepflanzt und langfristig erhalten werden (vgl. Tabelle 13). Dabei ist zu beachten, dass nur die eingebrachten Strukturen gewertet wurden, welche neu hinzugekommen sind, d. h. den vorgegebenen Ausgleich- und Ersatz (Eingriffsregelung, §§ 13ff. BNatSchG) übertrafen. Der freiwillige Landtausch als Teil der Flurbereinigung geht mit begrenzten Umweltauswirkungen einher (Bathke und Tietz, 2016), da häufig bestehende Bewirtschaftungsänderungen im Nachhinein formal angepasst werden. Deswegen werden diese Vorhaben und das dazugehörige Budget im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Mit der Maßnahme **Spezieller Arten- und Biotopschutz** (TM4.4, SAB) wurde die Durchführung spezieller Vorhaben zum Arten- und Biotopschutz gefördert, mit denen wertvolle Lebensräume der Agrarlandschaft mit ihren vielfältigen Lebensraumstrukturen für spezielle Tier- und Pflanzenarten und deren Lebensgemeinschaften erhalten, entwickelt und wiederhergestellt wurden. Es handelt sich dabei um eine investive Maßnahme, die auf die Sicherung des europäischen ökologischen Netzes Natura 2000, die auf Verbesserung der Lebensgrundlagen für gefährdete Arten sowie die Sicherung und Entwicklung von schützenswerten Biotopen abzielt (ML, 2015). Ähnlich der einzelbetrieblichen Beratung, sind diese Projekte nur für den Bodenschutz relevant, wenn diese auch zum Erosionsschutz oder zur Humusmehrung im Boden (Einbringung von Grünstreifen oder Hecken) beitragen. Im Bericht von Bathke (2025a) wurde die Umsetzung ausgewertet.

Bei der **Fließgewässerentwicklung** (TM7.6, FGE) handelt es sich um eine investive Maßnahme, welche aufgrund der vor Ort durchgeführten Vorhaben zur Fließgewässerumgestaltungen zum Bodenschutz Beiträge leisten kann. Gefördert wurden u. a. die Anlage von Gewässerrandstreifen. Sie erhöhten die Bodenbedeckung und trugen somit sowohl zum Schutz des Bodenabtrags auf der Fläche als auch zum Schutz vor Bodenaustrag ins Fließgewässer bei. Zur Verkürzung der erosiven Hanglänge waren nur indirekt Wirkungen zu erwarten, da nur die Breite des Gewässerrandstreifens in Hangrichtung gewertet wurde. Ausgewertet wurden dazu Angaben des Berichts zur Fließgewässerentwicklung von Bathke, 2024, welche die Anzahl der Projekte zum Bodenschutz enthielten.

Mit der Maßnahme **Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften** (TM7.6, EELA-V) werden verschiedene Vorhabenarten gefördert, u. a. auch die Wallheckenpflege (RL EELA). Wallhecken als mit Sträuchern und Bäumen bewachsene Wälle prägen weite Teile Ostfrieslands, gehören zur Kulturlandschaft und stehen unter Naturschutz (BNatSchG). Sie tragen wie bei den in Kapitel 3.3.1 Hecken auch zur Erosionsminderung bei, da sie wie anderen Hecken die Windgeschwindigkeit an der Oberfläche senken und als Einfriedung die Schläge umranden (Sander-Seyfert, 2010). Zudem wird durch die Pflege der Wallhecken der Kohlenstoff im Boden gehalten. Besonders alte Wallhecken weisen einen hohen Vorrat an C_{org} im Boden auf (Drexler, 2023).

Die Zusatzförderung **Anbau von winterharten Zwischenfrüchten und Untersaaten** (AL22) sattelt auf der Grundförderung AL21 auf, wobei ein festgelegter Mindestumfang in Wasserrahmenrichtlinie- (WRRL) oder Trinkwassergewinnungsgebieten zur Antragstellung und im ersten Verpflichtungsjahr einzuhalten war. Zudem waren die Zwischenfrüchte und Untersaaten leguminosenfrei und winterhart zu wählen. Der Beibehaltungszeitpunkt war gegenüber der Grundförderung etwas nach hinten verschoben; ein Einsatz von Düngemitteln war vollständig ausgeschlossen (ML, 2015; RL NiB-AUM 2015). Darüber hinausgehende Ausführungen zur Charakterisierung und Inanspruchnahme der Vorhabenart sind dem Bericht von Reiter et al. (2025) zu entnehmen. Bodenschutzeffekte ergeben sich auch hier wie bei der Grundförderung durch die Bodenbedeckung in den Wintermonaten (Verhinderung brachliegender, unbedeckter Böden) und die Integration humusmehrender Kulturen.

Bei der Maßnahme **keine Bodenbearbeitung durch Mais** (AL5) erfolgt ein Schutz des Bodens vor Erosion, wenn der Boden über den Winter bis zum ersten März des Folgejahres nicht bearbeitet wird (Schlegeln und Walzen zulässig). Da die Maßnahme zum Wasserschutz vor Nährstoffeinträgen geplant war, mussten mindestens 25 % oder 10 ha der landwirtschaftlichen Fläche im Antrags- und ersten Verpflichtungsjahr in der Kulisse der WRRL- oder in Trinkwassergewinnungsgebieten liegen (RL NiB-AUM 2015; RL NiB-AUM 2019). Damit war eine Bodenbedeckung gewährleistet, welche über ca. 30 % lag und damit das Erosionsrisiko besonders in erosionsgefährdeten Flächen senkte (Honecker et al., 2022; LWK NRW, 2007).

Die **verschiedenen Streifenmaßnahmen** (BS11, BS12, BS2, BS6) sind von der Wirkung mit den bereits oben erläuterten Erosionsschutz- und Gewässerschutzstreifen (BS7) zu vergleichen. Sie wirken durch die erhöhte Bodenbedeckung durch Blühmischungen, Gräser oder andere spezielle Kulturen positiv auf den Erosionsschutz (Wasser und Wind) (Honecker et al., 2022; LWK NRW, 2007). Mehrjährige Blüh- und Schonstreifen tragen durch die Wurzeln und den Aufbau von unterirdischer Biomasse auch zum Kohlenstoffeintrag in den Boden bei (Harbo et al., 2022; Conant et al., 2001). Dies ist abhängig von der Kulturart (humusmehrend, humuszehrend) und der Wurzeltiefe (Paul et al., 2023; Harbo et al., 2022).

Ebenfalls genauso für den Winderosionsschutz wirksam sind die Hecken, welche bei der **Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz** (BS9) gefördert wurden. Bestandteil der Förderung war die Pflanzung standorttypischer Laubgehölze in ackerdominierten Landschaften (Förderkulisse) in einer Streifenbreite zwischen 6 und 15 Metern. Dabei war die landwirtschaftliche Erzeugung sowie eine Anwendung von Dünge- und PSM untersagt. Die Verpflichtungsdauer betrug 7 Jahre; die Hecken durften entsprechend den CC-Verpflichtungen nicht beseitigt werden (RL NiB-AUM 2015; ML, 2015).

Bei der **Einführung/Beibehaltung des ökologischen Landbaus** (BV1) (TM11.1/2) 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) sowie die spezifischen Vorgaben der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaßnahmen (RL NiB-AUM 2015) 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). Ausführungen zur Akzeptanz und Inanspruchnahme sind dem Bericht von Reiter et al. (2025) zu entnehmen.

Laut PFEIL konzentriert sich die Teilmaßnahme der **Europäischen Innovationspartnerschaft (TM16.1, EIP-Agri)** auf Vorhaben, die thematisch auf nachhaltige, ressourceneffiziente und -schonende sowie tierartgerechte 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 und gartenbaulichen Urproduktion, Forschungseinrichtungen sowie weiteren Akteur:innen wie Verbänden, Beratung, Verwaltung oder Unternehmen des vor- und nachgelagerten Bereichs zusammensetzen und ein innovatives Vorhaben zur Bearbeitung eines konkreten Problems planen (ML, 2015). Programmtechnisch wurde die EIP-Förderung mit prioritärem Ziel dem Schwerpunktbereich 2A (Verbesserung der Wirtschaftsleistung) zugeordnet. Aufgrund der inhaltlichen Breite der möglichen Themen ist davon auszugehen, dass die geförderten Vorhaben auch Impulse für andere Zielbereiche des PFEIL, z. B. dem Bodenschutz, geben. Eine ausführliche Betrachtung der TM16.1 findet sich bei Reiter (2020) sowie bei Raue (2026).

Die Berücksichtigung dieser Maßnahmen erfolgte in Abhängigkeit ihres Outputs und der Anzahl relevanter Projekte und potenziellen Wirkungspfaden. Es wurden nur Maßnahmen in der Wirkungsanalyse berücksichtigt, die relevante Wirkungsschwellen überschritten.

Das Ergebnis des Screenings (theoretische Wirkungspfadanalyse) stellt Tabelle 13 dar. Die möglichen relevanten Wirkungspfade bzw. Bewertungskriterien sind dabei dieselben wie in Tabelle 12. Maßnahmen wie beispielweise die einzelbetriebliche Beratung (TM2.1), der Spezielle Arten- und Biotopschutz (TM4.4) sowie die Europäischen Innovationspartnerschaften (TM16.1) haben andere und z. T. breite thematische Zielsetzungen. Diese breite Zielsetzung ist der Grund dafür, dass zur Beurteilung des Wirkbeitrags zum Bodenschutz die Datengrundlage nicht ausreichend ist. Aufgrund ihrer indirekten und wenn langfristigen Wirkungsketten wurden sie in Tabelle 13 nur indirekt und pauschal den Wirkungsfaktoren zugeordnet. Sie können jedoch prinzipiell im Einzelfall – allerdings sehr geringe – Beiträge leisten, weshalb sie in den Wirkungskapiteln überwiegend qualitativ und nur z. T. auch quantitativ bewertet wurden.

Tabelle 13: Zuordnung der weiteren relevanten Maßnahmen zu Wirkungspfaden und damit verbundenen Wirkungsfaktoren

		Wirkungspfade	Wassererosions-schutz	Erosionsschutz		Winderosions-schutz	Kohlenstoffspeicherung im Boden	
			Wirkungsfaktoren					
Kürzel	**Teilmaßnahme/Vorhabenart**	**erwartete Wirkung**	Verkürzung der erosiven Hanglänge	Erhöhung der Boden-bedeckung	boden-schonende Bewirt-schaftung	Verringerung der Windgeschwindig-keit an der Boden-oberfläche	Anbau humus-mehrender Kulturen	mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoff-eintrag durch Wurzeln)
EB	Einzelbetriebliche Beratung	positiv	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
Flur	Flurbereinigung	positiv, negativ	(x)	(x)	(x)	(x)		(x)
SAB	Spezieller Arten- und Biotopschutz	positiv	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
FGE	Fließgewässerentwicklung	positiv	(x)	x			(x)	x
EELA-V	Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften	positiv				(x)		(x)
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	positiv		x			x	
AL5	keine Bodenbearbeitung nach Mais	positiv		x	x			
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	positiv	(x)				(x)	
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	positiv	(x)				(x)	
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	positiv	(x)	x			(x)	x
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	positiv	(x)	x			(x)	x
BS9	Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz	positiv				x		x
BV1	Ökologischer Landbau	positiv		x	x		x	
EIP-Agri	Europäische Innovationspartnerschaften	positiv	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)

(x) Wirkung nicht intendiert, im Einzelfall möglich

x Wirkung intendiert

Quelle: Eigene Darstellung.

3.4 Darstellung des Outputs der Maßnahmen

Dargestellt werden die physischen und finanziellen Outputs der Maßnahmen, sortiert nach Maßnahmen mit programmierten (vgl. Tabelle 14) und nicht-programmierten Bodenschutzzielen (vgl. Tabelle 15). Bei den Flächenmaßnahmen wurden die physischen Outputs (InVeKoS-Daten) jeweils zum Förderhöchststand angegeben. Nur bei den investiven Maßnahmen und EIP wurden die Monitoringdaten für 2024 dargestellt. Bei den Finanzdaten werden die Daten mit dem Stand 12/2024 angegeben. Um die Wirkungen der betrachteten Vorhabenarten auch vor dem Hintergrund der Zielerreichung betrachten zu können, wurde die Outputs mit den indikativen Zielen von PFEIL verglichen.

Tabelle 14: Output und Finanzen der Maßnahmen mit prioritärem Bodenschutzziel

		physischer Output					finanzieller Output		
		Indikative Zielgröße		Förderhöchststand 2021		Zielwert-erreichung	Indikative Zielgröße	Stand 2024 öffentliche Ausgaben	Zielwert-erreichung
Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Wert	Einheit	Wert	Einheit	[%]	[Euro]	[Euro]	[%]
Physische Flächen zum Förderhöchststand, öffentliche Ausgaben zum Ende 2024									
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung	50.000	ha	42.127 [1)]	ha	84	25.030.405	16.027.830	64
BS71	Erosionsschutzstreifen	50	ha	115	ha	229	240.000	243.615	102
BS72	Gewässerschutzstreifen	300	ha	512	ha	171	1.280.000	1.228.848	96
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion	40	ha	1,3	ha	3	800.000	14.921	2
Summe öffentliche Mittel								**17.515.214**	

1) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2015 (InVeKoS), für die Wirkungsanalyse beim Erosionsschutz wurde der Förderstand des Jahres 2017 herangezogen.

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten des Programms 9.1 (ML, 2022), öffentliche Ausgaben (2015-2024) sowie InVeKoS-Daten (2015, 2021). Hinweis: Die öffentlichen Ausgaben berücksichtigen alle geleisteten Zahlungen für laufende und abgeschlossene Vorhaben. Die Ausgaben können von den im Monitoring dargestellten Ausgaben abweichen.

Die Erosions- und Gewässerschutzstreifen wiesen eine sehr große Zielwerterreichung bzgl. der Förderflächen auf, wohingegen die wenig in Anspruch genommene Vorhabenart Windschutzhecken bei ca. 3 % der physischen und unter 2 % der materiellen Inanspruchnahme lag. Bei den Zwischenfrüchten und Untersaaten wurde das ursprüngliche Ziel von 2015 mit weit mehr als 200 % übererfüllt, weshalb eine Anhebung des Zielwertes erfolgte.

Für die Vorhabenarten mit programmiertem Bodenschutzziel wurde Ende 2024 ca. 17,5 Mio. Euro ausgegeben, was 59 % der indikativen AUKM-Bodenschutzausgaben (rund 29,9 Mio. Euro) entspricht (siehe öffentliche Ausgaben 2015 bis 2024). In Bezug auf die gesamten AUKM-Ausgaben lag der Anteil bei knapp 4 %.

Die maximale Ausdehnung der Maßnahmenflächen stellt auch die maximale Wirkungsfläche dar. In der Wirkungsanalyse zur Erosion konnte bei zwei Maßnahmen (AL21 und AL5) nicht der Förderhöchststand herangezogen werden. Aus Datengründen (Verknüpfung Geodaten mit den InVeKoS-Daten) musste für die Erosionsschutzwirkung von den eigentlichen Förderhöchstständen für die Maßnahmen abgewichen werden. Dies führt tendenziell zu einer Unterschätzung der erreichten Fläche. Die Berechnungen zum Erosionsschutz im Wirkungskapitel 5 wurden mit den dort aufgeführten Förderständen gerechnet. Die Entwicklung der erreichten Förderflächen sowie die eigentlichen Förderhöchststände sind der Veröffentlichung von Reiter et al. (2025) zu entnehmen.

Tabelle 15: Erzielter Output auf Ebene der Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel

		physischer Output					finanzieller Output			
		Indikative Zielgröße		Output Förderhöchststand						
Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Zielwert-erreichung [%]	Indikative Zielgröße [Euro]	öffentliche Ausgaben [Euro]	Zielwert-erreichung [%]	
Physische Flächen zum Ende 2022/2024, öffentliche Ausgaben zum Ende 2024										
EB	Einzelbetriebliche Beratung	12.542	Betriebe	9.424	Betriebe	75	9.762.923	8.608.848	88	
Flur	Flurbereinigung [1]	720 [1]	Vorhaben	875 [2]	Vorhaben	122	204.703.115	197.787.925	97	
SAB	Spezieller Arten- und Biotopschutz	35	Vorhaben	47	Vorhaben	134	16.510.762	15.594.249	94	
FGE	Fließgewässerentwicklung	k. A.		170	Projekte	k. A.	44.234.801	37.483.598	85	
EELA-V	Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften	k. A.		43	Vorhaben	k. A.	41.321.737 [3]	17.887.245	43	
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	30.000	ha	36.445 [4]	ha	121	20.333.137	20.018.108	98	36.445
AL5	keine Bodenbearbeitung nach Mais	8.890	ha	12.677 [5]	ha	140	3.795.000	4.635.595	122	12.467
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	17.000	ha	12.776 [6]	ha	75	78.705.176	62.717.564	80	12.776
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	7.000	ha	7.782 [6]	ha	111	8.000.000	46.073.178	576	7.782
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	1.500	ha	1.653 [6]	ha	110	10.000.000	8.689.439	87	1.653
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	2.000	ha	3.016 [4]	ha	151	17.836.455	11.662.519	65	3.016
BS9	Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz	50	ha	0,8 [7]	ha	2	1.200.000	10.855	1	0,8
ÖKO	Ökologischer Landbau	106.000	ha	123.500 [7]	ha	117	256.302.377	226.249.504	88	123.500
	davon Ackerfläche			59.559	ha					
EIP-Agri	Europäische Innovationspartnerschaften	10	Gruppen	49	Vorhaben	490	29.750.000	22.253.031	75	
Summe öffentliche Mittel								**679.671.659**		

1) Inkl. der Teilmaßnahme 4.3 Ländlicher Wegebau (nicht im Rahmen der Flurbereingung)

2) Vorhaben inkl. Wegebau und Freiwilliger Landtausch, Quelle: Monitoring (2024)

3) Zusammen mit der Vorhabenart Pläne für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten (EELA-P)

4) Wert zeigt den Höchstand im Jahr 2020 (InVeKoS)

5) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2015 (InVeKoS), für die Wirkungsanalyse beim Erosionsschutz wurde der Förderstand des Jahres 2017 herangezogen.

6) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2021 (InVeKoS)

7) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2022 (InVeKoS)

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus den öffentlichen Ausgaben (2015 bis 2024), vereinzelt aus dem Monitoring (bis 2024), sowie InVeKoS-Daten (2015 bis 2022).

Der Großteil des zum Ende 2024 ausgegebenen Budgets für die bodenschutzrelevanten Maßnahmen wurde vom ökologischen Landbau eingenommen. Als langfristige Maßnahme mit aufwendigen Vorhaben und anhängigen Verfahren nahm die Flurbereinigung in der Gesamtheit (inkl. nationaler Mittel) einen weiteren großen Teil ein. Die Blühstreifen Grundförderung trug mit einem weiteren großen Anteil, wohingegen die geringfügig in Anspruch genommenen Hecken den geringsten Anteil darstellten.

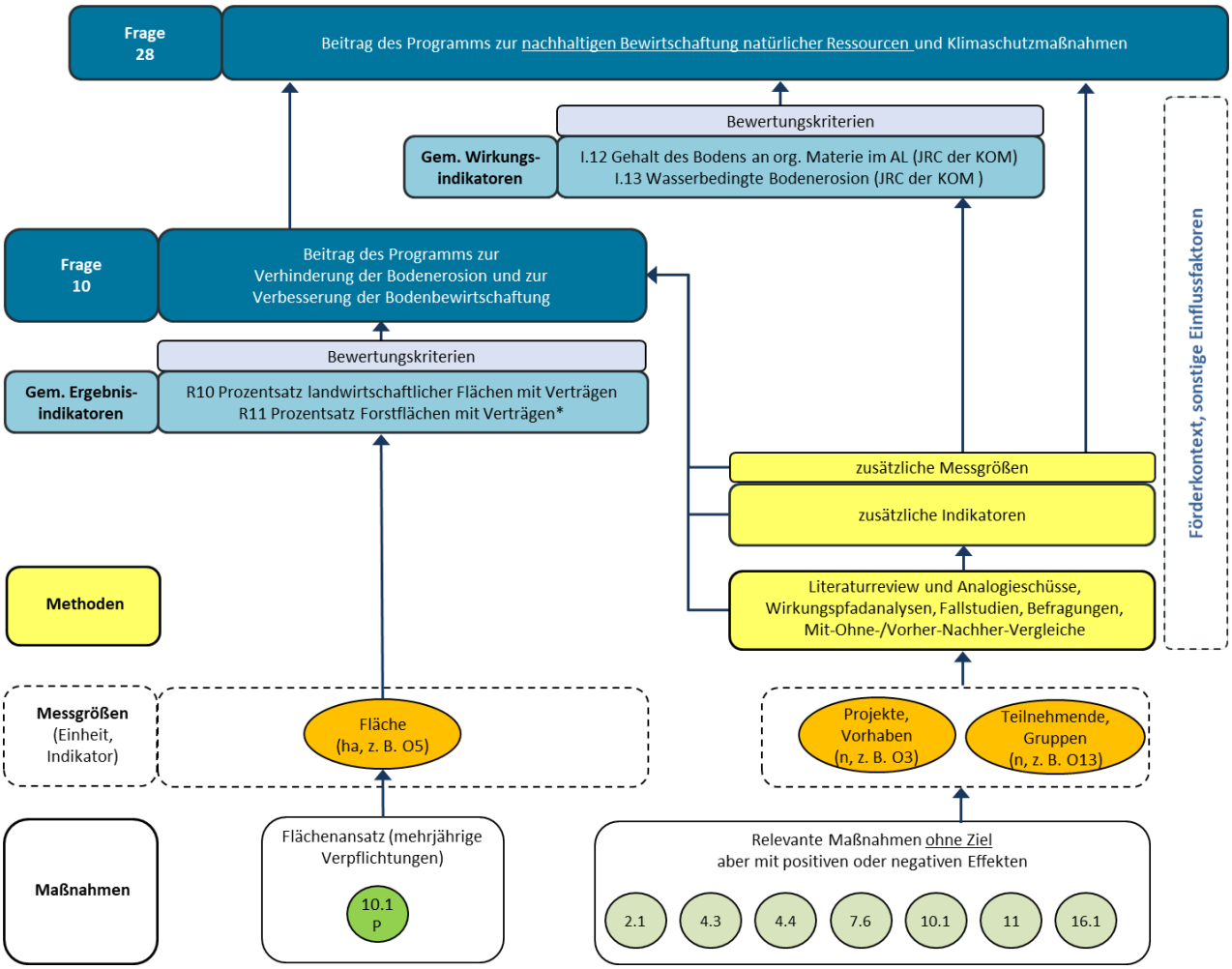
Der Anbau von winterharten Zwischenfrüchten und Untersaaten (**AL21**, Grundförderung) wurde nur einmalig angeboten, mit dem ersten Zwischenfruchtanbau über Winter 2014/2015 für Neubewilligungen. Grund dafür war die Änderung der Baseline (Einführung Greening) und die Option des Zwischenfruchtanbaus als ÖVF. Im Jahr 2014 startete die Verpflichtung mit Anbau der Zwischenfrucht und endete nach fünfjähriger Verpflichtung mit dem Anbau der Zwischenfrucht in den Wintermonaten 2018/2019.
Der Förderhöchststand war im Jahr 2015. In diesem Jahr jedoch hat die Erfassung der Geodaten der Teilschläge von InVeKoS erst begonnen, sodass bei ca. einem Drittel der Förderflächen keine Zuordnung zu GIS-Daten durchgeführt wurde. Auch beim Jahr 2016 fehlte bei ca. 10 % der Förderflächen eine räumliche Verortung. Demnach musste für die Erosionsberechnungen auf das Jahr 2017 zurückgegriffen werden, auch wenn die Fläche ca. 10.000 Hektar geringer war. Im Vergleich zum Jahr 2015 entsprach dies ca. 77 % der Förderfläche. Bei **AL5** (keine Bodenbearbeitung nach Mais) entsprach die zur Wirkungsbetrachtung verwendete Fläche ca. 98 % des Förderhöchststandes, womit die Unterschätzung nur minimal ist.

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.

Abbildung 3: Untersuchungsdesign



* Da keine Forstmaßnahmen in PFEIL angeboten werden, wird dieser Indikator nicht bedient.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Leserichtung ist dabei von unten nach oben, ausgehend von für den SPB 4C relevanten Maßnahmen. Als Messgrößen fungieren die Förderdaten (InVeKoS-Daten), welche für die Flächenmaßnahmen herangezogen wurden. Die Anzahl der Vorhaben oder Projekte sowie die Teilnehmenden oder Gruppen wurden von den zuständigen Stellen des Landes zur Verfügung gestellt und den Evaluator:innen in Form von Projektlisten und -beschreibungen für die Auswertung 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 ist der Ergebnisindikator R10 vorgesehen, welcher wiederum aus den Flächen Output-Indikatoren der

programmierten AUKM abgeleitet wird. Da in PFEIL keine Forstmaßnahmen angeboten werden, wird der R11 Indikator nicht bedient. Da der Ergebnisindikator R10 für die Beantwortung der Bewertungsfrage 10 nicht ausreichend war, wurde dieser Indikator mithilfe weiterer Analysen weiter qualifiziert. Das Bewertungskriterium „Der Bodenschutz auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist wiederhergestellt, geschützt und verbessert worden“ ist 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 jeweils auf Ebene der Zuwendungsempfänger:innen je Vorhaben bzw. je Flächeneinheit erhoben. Für die Wirkungsquantifizierung bzw. -qualifizierung wurden die o. g. Bewertungskriterien bzw. Wirkungspfade Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden betrachtet.

Zur Beantwortung der Frage 28 und damit zur Einschätzung der gesamten Prorammwirkung 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 PFEIL-Programm wurden keine quantitativen Wirkungsziele für den Bodenschutz festgelegt. Die Bodenschutzwirkung des EPLR wird anhand der im Feinkonzept festgelegten qualitativen Bewertungskriterien „Die Maßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei“ und „Die Maßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei“ 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 16 aufgeführten Kriterien herangezogen, mit den jeweils zugeordneten Indikatoren (Output-, Result-, und Impactindicators) und Messgrößen sowie einer Erläuterung. Zudem ist die Ebene dargestellt, auf welche diese wirken und auf welcher sie bewertet werden.

Tabelle 16: Zuordnung der Indikatoren und Messgrößen zu den Bewertungskriterien

Bewertungskriterium	Indikator, Messgröße	Ebene
Der Bodenschutz auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist wiederhergestellt, geschützt und verbessert worden.	O5: Landwirtschaftliche Fläche mit Bewirtschaftungsverträgen zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung/Verhinderung von Bodenerosion (Schwerpunktbereich 4C)	Ebene der Maßnahmen, z. B. AUKM
	O3: Anzahl der geförderten Maßnahmen/Vorhaben	
	O13: Zahl der Begünstigten, die beraten wurden	
	O16: Zahl der unterstützten EIP-Gruppen, Zahl der unterstützten EIP-Vorhaben sowie Zahl und Art der Partner in den EIP-Gruppen	
Die Bodenerosion wurde verringert.	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 Bodenbewirtschaftung wurde verbessert.	Umfang AF mit Bewirtschaftungsverträgen, die den Bodenschutz unterstützen (ha)	
Die Maßnahmen 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 Maßnahmen 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 PFEIL-Feinkonzept (Bathke et al., 2024) und der ELER Durchführungsverordnung (DVO (EU) Nr. 808/2014).

Im Folgenden werden anstelle der langen Bewertungskriterien entsprechende Kurzbezeichnungen verwendet: Wassererosionsschutz, Winderosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden.

Als **zusätzliche Messgrößen** werden sowohl auf Ebene der Maßnahmen als auch im SPB 4C zum einen die Kohlenstoffeintragsraten pro Hektar und Jahr sowie gesamt für die Maßnahmen bei den Bewertungskriterien „Der Bodenschutz auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist wiederhergestellt, geschützt und verbessert worden“, „Bodenbewirtschaftung wurde verbessert“ sowie „die Maßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei“ herangezogen. Diese werden aus der Literatur entnommen und sind nachfolgend aufgelistet:

- Poeplau und Don, 2015
- Lugato et al., 2014
- Wiesmeier et al., 2020
- Drexler et al., 2021
- Tiefenbacher et al., 2021
- Krauss et al., 2022
- Körschens et al., 2013
- Harbo et al., 2022
- Honecker et al., 2022.

4.2 Daten

Die verwendeten Datengrundlagen umfassen verschiedene Sekundärdaten. Es werden Evaluationsberichte/Bewertungsberichte anderer Autor:innen, InVeKoS-Daten (2015 bis 2022), vereinzelt Monitoringdaten (aus 2024), Informationen der Deutschen Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS), Angaben aus der Literatur und Verwaltungsdokumente (z. B. Förderrichtlinien) ausgewertet.

Für die ersten drei Bewertungskriterien „Der Bodenschutz auf Flächen mit Verwaltungsverträgen ist wiederhergestellt, geschützt und verbessert worden“, „Bodenerosion wurde verringert“ sowie „die Teilmaßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei“ 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}-Stufen werden die geförderten Hektar der Summe der relevanten Maßnahmen analysiert. Zudem wird der vermiedene Bodenabtrag in Tonnen pro Hektar und Jahr sowie als Gesamtsumme als Messgröße verwendet, welche 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 eine Qualifizierung der einzelnen ABAG-Faktoren wurden verschiedene Werte aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen berücksichtigt:

- Meyer, 2000,
- Maetens et al., 2012,
- LfL, 2023,
- 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 Ergebnisse maßnahmenbezogener empirischer Erhebungen hinzugezogen. Diese werden in den jeweiligen Kapiteln 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 wären. Ist das Ergebnis mit und ohne Förderung gleich, wird es hier als Mitnahme bezeichnet. Zur Bewertung der Mitnahmen in Bezug auf die Wirkung werden drei verschiedene Kategorien unterschieden, welche Tabelle 17 charakterisiert werden.

Tabelle 17: Mitnahmen nach Kategorien

Kategorie Mitnahme	Bedingung
Vollständige Mitnahme	Vorhaben, die ohne Förderung in identischer Weise (gleicher Umfang/Zeitpunkt) oder sogar größer/früher umgesetzt worden wären. 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 Teilnehmenden, welche die durch die Maßnahmen eingeforderte Bewirtschaftungsauflagen auch ohne Förderung realisieren würden, keine durch die Förderung verursachten (zusätzlichen) Ressourcenschutzwirkungen erbringen. Diese kann durch die drei verschiedenen Abstufungen weiter eingeordnet werden.

Vollständige Mitnahmeeffekte werden von den Wirkungen auf Ebene der Teilmaßnahmen und Vorhabenarten gemessenen Wirkungen abgezogen. Somit ergibt sich eine Netto-Wirkung. 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., 2025). Bei den investiven Maßnahmen und Förderung des Humankapitals bzw. Beratungsmaßnahmen 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, wenn 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. guter fachlicher 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. Gleiches gilt, wenn umweltfreundliche Techniken gefördert werden, diese jedoch bereits eine breite Praxisanwendung erfahren haben.

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

- Das Setzen von Förderkulissen z. B. wie bei den Erosionsschutzstreifen (E_{nat}-Stufen Vorgabe und bestimmten Geodatenkulissen),
- 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“ ausschließen und zur Minderung von Verwaltungskosten der öffentlichen Verwaltung für Kleinstflächen beizutragen. (vgl. Reiter et al., 2025)

Die Mitnahmeeffekte werden über die Bewertungsaspekte Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden zusammen bewertet und nur im Einzelfall separat betrachtet.

Wirkungsdauer

Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Einschätzung der Wirkung der Maßnahmen ist die 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 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. ein angelegter Grünstreifen wieder in die ackerbauliche Nutzung genommen, dann entfällt auch die vorher erreichte Wirkung.

Investive Maßnahmen wie die Flurbereinigung hingegen weisen längere Wirkungen auf, welche i. d. R. über den Förderzeitraum hinaus anhalten. Dies ist darin begründet, dass sie mit einer Zweckbindung versehen werden. Oft geht die Wirkungsdauer aber über die Zweckbindung hinaus. Die durch den Prozess der Flurneuordnung eingebrachten Biotopstrukturen mit Bodenschutzwirkung müssen aufgrund der Vorgaben des FlurbG dauerhaft erhalten bleiben. Als Annahme wird eine Wirkungsdauer für investive Maßnahmen zwischen 20 und 25 Jahren angesetzt. Bei Beratungsmaßnahmen zum Beispiel ist das vermittelte Wissen auch nach der eigentlichen Förderung/Beratung verfügbar.

Bewertungsskala

Die Wirkungen der betrachteten Maßnahmen auf den Bodenschutz bzw. auf die einzelnen Bewertungskriterien Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden wurden anhand der in Tabelle 18 dargestellten Bewertungsskala klassifiziert. Diese teilt sich auf in die beiden großen Bewertungskriterien und die dazu hinzugezogenen Einsparungs- und Festlegungseffekte. Bei der Erosion wird zwischen Wasser- und Winderosion unterschieden, da sich diese in der Art der Quantifizierung unterscheiden. Die Wassererosion erlaubt sowohl Angaben zum vermiedenen Bodenabtrag als auch zur erreichten Fläche in der erosionsgefährdeten Kulisse. Bei der Winderosion kann die landwirtschaftliche Fläche innerhalb der 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 ÖKO-Förderfläche 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).

Tabelle 18: Bewertungsskala für die quantifizierbaren Maßnahmen

Bewertungskriterium	Quantifizierung	Einheiten
Wassererosion	erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse	ha, %
	vermiedener Bodenabtrag	t (gesamt), t/ha
Winderosion	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 (Häq/ha*a), (Häq/a), Humus C_{org} (t/a)

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die meisten Maßnahmen (AUKM, ÖKO) konnte die Bodenschutzwirkung quantifiziert werden, sodass eine kardinale Bewertungsskala gewählt wurde. Dies stellt den Hauptteil der Bewertung dar. Bei den investiven Maßnahmen, Beratungs- und Bildungsmaßnahmen und dem EIP-Agri 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 die diese Maßnahmen erfolgt eine Wirkungsbewertung mittels Wirkungspfadanalysen, die eine qualitative Einstufung der Wirkung anhand der Bewertungskriterien sowie 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 investiven Maßnahmen 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 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 für Niedersachsen und Bremen 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 zu den tatsächlichen Erosionsgeschehen auf den 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 Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) hat die

Gefährdung der Böden durch Wassererosion nach der Methode der Ad-Hoc-AG Boden und Hennings, V. geschätzt (LBEG, 2015, 2017b, 2022), die auf der ABAG nach Schwertmann et al. (1990) basiert (vgl. Kasten).

Die Formel der ABAG lautet:

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

Diese 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 19). 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 19: Wassererosionsgefährdungsstufen und deren potenzieller Bodenabtrag

CC-Klasse	Bodenabtrag [t] K * S * R * 2 (mit R = 50)	Stufe nach DIN 19708	Einordnung des Bodenabtrags
$CC_{Wasser}0$	< 1	$E_{nat}0$	Keine bis sehr geringe Erosionsgefährdung
	1-< 5	$E_{nat}1$	Sehr geringe Erosionsgefährdung
	5-< 10	$E_{nat}2$	Geringe Erosionsgefährdung
	10-< 15	$E_{nat}3$	Mittlere Erosionsgefährdung
	15-< 30	$E_{nat}4$	Hohe Erosionsgefährdung
$CC_{Wasser}1$	30-< 55	$E_{nat}5.1$	sehr hohe Erosionsgefährdung
$CC_{Wasser}2$	≥ 55	$E_{nat}5.2$	sehr hohe Erosionsgefährdung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Anlage 2 der AgrarZahlVerpflV und nach DIN 19708:2005-02.

Im zweiten Schritt wurde die in der Kulisse (CC_{Wasser}, $E_{nat}1$-5) gelegene geförderte Ackerfläche der Flächenmaßnahmen beziffert. Für den dritten Bearbeitungsschritt wurde der Erosionsvermeidungseffekt der Maßnahmen im Vergleich zur Bewirtschaftung der Flächen ohne diese Fördermaßnahme geschätzt (natürliche Erosionsgefährdung, kontrafaktisch Situation ohne Förderung). Dies geschah unter der Annahme, dass die Bewirtschaftung im Rahmen der Maßnahmen mit den angebauten Fruchtarten jeweils Einfluss auf den C-Faktor ausübt.

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 jeweilig 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 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 Maßnahme in der jeweiligen Erosionskulisse kalkuliert.

Hinweis zu den genutzten Daten

Bei der Zuordnung der C-Faktoren nach Auerswald et al. (2021) zu den Kulturen der Maßnahmen fand bei mehrjährigen, lagetreuen Förderflächen die Langfristigkeit der Bodenbedeckung mit grasnarbenbildenden Kulturen Berücksichtigung, welche aufgrund der positiven Erosionsschutzwirkung auf die Folgekulturen negative Werte annehmen. Um insgesamt negative C-Faktoren zu vermeiden, ist nach Auerswald et al. ein Wert von 0,025 anzunehmen. Dies führt in der Summe dazu, dass sich die drei Vorhabenarten AL21, BS71 und BS72 und nicht (mehr) in ihrem C-Faktor für die ABAG-Berechnung unterscheiden. 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 et al. (2021) nur für 57 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 die permanente Bodenbedeckung wird dem Niederschlag die erosive Wirkung entzogen wird. Dies führt dazu, dass Bodenabtrag auf den Förderflächen nach der ABAG rechnerisch fast vollständig verhindert wird. Abhängig von der Bewirtschaftung der angrenzenden Flächen und der Dimensionierung der Streifen (Fördermaßnahmen BS11-BS72) kann sich die Minderungswirkung auch für diese Flächen entfalten. Ein Datensatz zur natürlichen Erosionsgefährdung mit den E_{nat} Stufen (Berechnung bestehend aus den K-, S- und R-Faktoren) wurden vom LBEG zur Verfügung gestellt, basierend auf einem digitalen Geländemodell im 12,5 m-Raster (LBEG, 2015). Der Hanglängenfaktor (L-Faktor) wird durch die Länge des Hanges berechnet. Abgeleitet von den Förderbedingungen und der maximalen Breite der Streifen wird eine Länge von 30 Metern für die Streifenmaßnahmen BS11 bis BS72 angenommen. Dies entspricht einem L-Faktor von 1,1 (LfL, 2023). 30 Meter entsprechen der maximalen Fließstrecke der Streifen. Bei einer geringeren Streifenbreite wird der errechnete Wert der ABAG dahingehend überschätzt. Bei allen anderen Maßnahmen wurde der L-Faktor auf 1 gesetzt, da keine Daten zur Länge der Hänge vorliegen. Der P-Faktor gibt die erosionsmindernde Wirkung durch Querbearbeitung (Konturnutzung, Streifennutzung) 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). Eine Ausnahme bilden die Erosionsschutzstreifen, für die ein P-Faktor basierend auf der Literatur von 0,26 angenommen wird (Maetens et al., 2012).

Im letzten Schritt wurde für die in den Kulissen $CC_{Wasser,}$ $E_{nat}0$-$E_{nat}5$ 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 erste 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 Bodenabträge 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).

Prinzipiell werden bei den Maßnahmen alle Förderflächen berücksichtigt, da sie alle auf Ackerflächen umgesetzt werden. Eine Ausnahme bildet der ökologische Landbau, bei dem nur die erosionsrelevanten geförderten Ackerflächen innerhalb NI und HB berücksichtigt werden.

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 für Niedersachsen und Bremen (vgl. Tabelle 15, ggf. weiter zum Bodenschutzaspekt konkretisiert). Vergleichbar mit der Methodik des Wassererosionsschutzes wurden die Förderflächen der Maßnahmen in die E_{nat}-Kulisse und in die CC_{Wind}-Kulisse eingeteilt. Die Einteilung in die Gefährdungsstufen ist Tabelle 3 im Kapitel 2.1.1 zu entnehmen.

Dabei wurden die ganzen Flächen bei den Flächenmaßnahmen zur Bestimmung einbezogen. Bei den Hecken geht die Wirkung über die eigentlich Förderfläche hinaus. Durch die Senkung der Windgeschwindigkeit an den Hecken, bildet sich, abhängig von der Windhindernishöhe, ein luvseitiger aber vor allem ein leeseitiger Schutzbereich aus. Dieser beträgt auf der Leeseite bis zu einem 25-fachen der Windhindernishöhe, auf der Luvseite bis zu einem 5-fachen (Duttmann et al., 2011). Für die Berechnung wird auf der Leeseite nur bis zu einem 15-fachen Abstand gerechnet, da bis dahin noch eine mäßige Schutzwirkung verbunden ist (Steininger und Wurbs, 2017). Bei den Hecken der Förderung BS8 und BS9 erfolgte die Quantifizierung des Wirkbeitrags hinsichtlich der erreichten Fläche aufgrund von Informationen zur Verortung und Dimensionierung in der CC_{Wind}-Kulisse.

Bei den investiven Maßnahmen lagen nur sehr vereinzelt Daten zu Förderungen von Heckenpflanzungen vor (LK Lüchow-Dannenberg, 2023). Hier konnte nur mit geschätzten Angaben der neugepflanzten Hecken (über Kompensationsmaßnahmen nach Eingriffsregelung hinaus) nach Auswertungen Bathke (2024) und Bathke und Tietz (2016) gearbeitet werden. Zu den im Rahmen investiver Maßnahmen angelegten Hecken gibt es keine Angaben zur Lage in der CC_{Wind}-Kulisse oder deren Dimensionierung, weshalb hier keine Quantifizierung des Wirkbeitrags vorgenommen werden konnte.

4.3.4 Methodik Kohlenstoffspeicherung im Boden

Zur Analyse des Beitrags der Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung im Boden wurden verschiedene Datenquellen hinzugezogen. Die InVeKoS-Daten in Niedersachsen und Bremen liegen für die AUKM jeweils mit dem Förderhöchststand sowie für den ökologischen Landbau die Jahre 2016 und 2020 vor. Für die Quantifizierung wurden zusätzlich Literaturquellen verwendet, welche neben der qualitativen Wirkungsabschätzung auch Richtwerte zur Einordnung der Ergebnisse liefern. Zudem fanden zur Quantifizierung des ökologischen Landbaus (BV1) auch die Werte des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) Verwendung.

Für die Auswertung des ökologischen Landbaus wurden die InVeKoS-Daten mit den Werten der VDLUFA für die Humuswirkung verknüpft. Die ermittelten Werte der VDLUFA-Methode für den Humusreproduktionsbedarf basieren auf langjährigen Feldversuchen und Laborarbeiten, weshalb sie weitgehend unabhängig von Ertrag und Standort angegeben sind. Allerdings sind sie nicht für exakte Prognosen zur Veränderung der Humusgehalte und

-vorräte geeignet, da weder die Historie der Bodennutzung noch 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 Maßnahme wurden über die jeweiligen Nutzcodes entsprechende Werte der Humusreproduktionsleistung (Häq/ha*a)[4] zugeordnet. Nur in Einzelfällen, in denen aus der Literatur aktuellere Werte zu Kohlenstoffeintragsmengen bestimmter Flächennutzungen/Nutzcodes vorlagen, wurden diese herangezogen (entsprechen denen, welche im Abschnitt zu den Bewertungskriterien „Bodenbewirtschaftung wurde verbessert“ sowie „die Teilmaßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei“ aufgeführt wurden). 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[5]. Sie wurde sowohl für integrierte als auch ökologisch wirtschaftende Betriebe konzipiert. Somit erfolgte für 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 des auf dem Feld verbleibenden Strohs auf dem Feld berücksichtigt. Dazu wurde der Kornertrag (dt/ha) für das Jahr 2022 als Information zum Hauptprodukt verwendet (Destatis, 2022). Aus der 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), welcher zusammen mit dem VDLUFA-Wert der Kulturen in Bezug auf Tonnen Frischmasse somit den Wert für die Humusäquivalente pro Hektar qualifiziert werden konnte. Zum anderen wurde die Wirkung des ÖVF-Zwischenfruchtanbaus in den ausgewerteten Jahren 2016 und 2022 mit einbezogen (anderer ZWF-Anbau wurde nicht berücksichtigt). 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. Unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen eignet sich die vereinfachte Humusbilanzierung aber, um eine vergleichende Bewertung von Bewirtschaftungssystemen auf Betriebsebene als Mit-Ohne- bzw. Difference-in-Difference-Vergleich (DiD) vornehmen zu können. Dies erlaubt im ökologischen Landbau, die Veränderung des Humusgehalts im Vergleich zur Situation ohne Förderung bzw. konventioneller Bewirtschaftung mit der VDLUFA-Methode zu kalkulieren. Die herangezogenen Zeitpunkte waren 2016 zu Beginn und 2022 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 dafür ausschlaggebend, welches Humusniveau im Boden vorliegen kann (Vos et al., 2019; Don et al., 2021). Das heißt, standortspezifische Bedingungen sind stärker ausschlaggebend 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.

---

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

[5] Weiterer Eintrag an organischem Material wie Rübenblatt oder Wirtschaftsdünger, der zur Humusreproduktion führt und damit C-Verluste durch Mineralisation ausgleichen kann, blieb ebenso unberücksichtigt wie der Verlust von Humus durch Zersetzung in Abhängigkeit von der Bodenart und Klima (VDLUFA (2014)). Zudem erfolgte keine schlagspezifische Ermittlung der Humusversorgung der letzten fünf bis zehn Jahre. Es wird auch nicht die gesamte Fruchtfolge betrachtet.

5 Wirkungen und Wirksamkeit

Für die Analyse und Bewertung der Bodenschutzwirkung des Programms werden die beiden Bewertungskriterien Wassererosionsschutz, Winderosionsschutz und Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung verfolgt. Diese werden jeweils in getrennten Kapiteln bearbeitet. Zunächst erfolgt eine Beschreibung des Wirkpotenzials, bevor in den weiteren Unterkapiteln auf die tatsächliche Wirkung der Maßnahmen eingegangen wird. In den Kapiteln 5.3 und 5.4 werden Wirkungen auf den geförderten Flächen bzw. der geförderten Vorhaben beurteilt. Im Kapitel 5.6 und zusammenfassend in 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 Wassererosionsschutz und Winderosionsschutz auf, welche in zwei Unterkapiteln behandelt werden.

5.1.1 Wassererosionsschutz

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 in diesem Bericht betrachteten positiv wirkenden Wirkungspfaden zählen diejenigen, welche im Rahmen der Bewirtschaftung und durch Maßnahmen angepasst werden können (vgl. Tabelle 13). 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 für mehr stabile Bodenaggregate und Makroporen, 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. Abtransports 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** quer zur Hangrichtung in erosionsgefährdeten Bereichen. 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 müssen 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).

Abhängig von der Bewirtschaftung angrenzender Ackerflächen und der Dimensionierung von begrünten Streifen kann sich die Minderungswirkung auch für diese Flächen entfalten. Damit sind sowohl Onsite-Schäden auf dem Ackerschlag als auch Offsite-Schäden außerhalb des Schlags zu verhindern (Honecker et al., 2022; LWK NRW, 2007).

5.1.2 Winderosionsschutz

Unter Winderosion wird der Prozess des äolischen Bodenabtrags und der Bodenverlagerung gefasst, welcher durch die menschliche Tätigkeit verstärkt ist und über das natürliche Maß hinausgeht (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 die 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 (Erosionsschutz- oder Gewässerschutzstreifen) quer zur Hauptwindrichtung oder der Streifenbewirtschaftung mit verschiedenen Fruchtarten im Wechsel sind wirksame Winderosionsschutzmaßnahmen (Duttmann et al., 2011). Vergleichbar mit der Schutzwirkung gegen 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 Tabelle 13 zu entnehmen.

5.2 Wirkpotenzial Kohlenstoffspeicherung im Boden

Die humusmehrende Bewirtschaftung von Ackerflächen oder das Einbringen von Landschaftselementen wie Grünstreifen, Hecken oder Feldgehölzen kann im Rahmen der geogenen Bodenbedingen 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). Aber 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 programmierten und weiteren relevanten Maßnahmen zeichnen sich durch verschiedene **Wirkungsfaktoren** zur Speicherung von Kohlenstoff im Boden aus, welche damit dem Humusaufbau unterstützen. Eine Bewertung 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) abgeleitet.

5.3 Wirkungen der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen

Die Einschätzung zu den Wirkungen der vier Maßnahmen mit programmiertem SPB 4C-Ziel gliedert sich in die Bewertungskriterien Wassererosionsschutz, Winderosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden.

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. (2025) Kapitel 6.3 zu entnehmen. Flächenmäßig am stärksten waren im Jahr 2020 auf den Ackerflächen von insgesamt rund 4.800 ha die Kombinationen von ÖKO mit diversen Streifenmaßnahmen (2.600 ha) sowie ÖKO-Förderung mit dem Anbau winterharter Zwischenfrüchte (AL22, 1.400 ha). Die Kombinationen werden im Weiteren nicht weiter betrachtet.

5.3.1 Wassererosionsschutz

Zwischenfruchtanbau und Untersaaten – Grundförderung (AL21)

Ein Anbau von Zwischenfrüchten (ZWF) in Verbindung mit Mulchsaat kann in erosionsgefährdeten Lagen zum Erosionsschutz 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 und Direktsaat 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). Diese Maßnahme war flächenmäßig die stärkste AUKM und hat durch die hohe Inanspruchnahme das ursprüngliche indikative Ziel von 11.500 ha Ackerfläche erreicht (jedoch nicht das erhöhte von 50.000 ha, Programmversion 8.1, ML, 2021). Die hohe Inanspruchnahme beruhte darauf, dass viele zu Beginn 2014 an der AUKM teilgenommen haben. Die Möglichkeit des ÖVF-Zwischenfruchtanbaus ab 2015 hat viele Betriebe zu einem Umstieg veranlasst.

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 für einige Monate verpflichtend. Zudem lag nur ca. 11 % der geförderten Fläche in den höheren E_{nat}-Erosionskulissen (ab $E_{nat}3$, mittlerer Erosionsgefährdung) (vgl. Tabelle 20). Somit steht dem hohen Wirkungspotenzial ein geringer erreichter Teil erosionsgefährdeten Flächen gegenüber.

Erosions- und Gewässerschutzstreifen (BS71, BS72)

Die Erosionsschutzstreifen (BS71) als dauerhaft bewachsene Flächen bedienen den Wirkungsfaktor 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 reduziert (Honecker et al., 2022). Wenn die Grünstreifen an besonders gefährdeten Acker(teil)flächen oder Tiefenlinien platziert werden, ist die Wirkung für den Erosionsschutz am stärksten (LfULG, 2010; Pecoroni und Peter, 2021). Der zweite Wirkungsfaktor Reduzierung der erosiven Hanglänge kommt zum Tragen, wenn die Anlage der Streifen quer zum Hang oder als Schlagteilung der erosionsgefährdeten Hänge gewählt wird. Dabei ist vor allem auf die ausreichende Dimensionierung zu achten, um das mit dem abfließenden Wasser mitgeführte Material zurückhalten zu können. Das gilt sowohl bei Streifen in der Hangmitte als auch am Hangfuß (Pecoroni und Peter, 2021; Honecker et al., 2022). Gewässerschutzstreifen (BS72) mussten nach den Förderbedingungen entlang oberirdischer Gewässer liegen (RL NiB-AUM 2015) und bedienen auch den Wirkungsfaktor der erhöhten Bodenbedeckung. Allerdings kann auch bei den Gewässerschutzstreifen ein Beitrag zur Reduzierung der erosiven Hanglänge geleistet werden, wenn dadurch der Hang in Gefällerichtung angrenzend an das Gewässer verkürzt wird. Durch die dauerhafte Bodenbedeckung wird der C-Faktor der ABAG bei BS71 und BS72 nahezu auf null gesetzt (Auerswald et al., 2021), was rechnerisch einen Bodenabtrag nahezu ausschließt. Somit setzen diese Maßnahmen an den richtigen Wirkungskomponenten an (hohe Bodenbedeckung, bei den Erosionsschutzstreifen in der notwendigen Kulisse, bei den Gewässerschutzstreifen entlang von Gewässern) und bleiben auch für eine vergleichsweise lange Zeit (i. d. R. fünf Jahre) lagetreu. Dadurch, dass die Erosionsschutzstreifen 100 % in der entsprechenden wassererosionsgefährdeten Kulisse liegen, ist der Beitrag höher als der der Gewässerschutzstreifen, von denen ca. 11 % der geförderten Fläche in dieser Kulisse lagen.

Bei einer sinnvollen Dimensionierung und Lage von Grünstreifen kann die Erosionsschutzwirkung auch auf angrenzende Ackerschläge erweitert werden. Auswertungen von Befragungen der Zuwendungsempfänger:innen der **Erosionsschutzstreifen** im Bericht von Scholz (2024) legten dies nahe. Rund 62 % der Befragten gaben an, dass ein Auftreten von Erosionsereignissen auf unterhalb angrenzenden Ackerschlägen verhindert wurde. Weitere 50 % schätzten die Wirkung der Erosionsschutzstreifen so weitreichend ein, dass sie das Auftreten von Erosionsereignissen im weiteren Umfeld, über den direkt angrenzenden Ackerschlag hinaus, verhindern konnten. Dies unterstützt den in der Literatur beschriebenen Effekt, dass durch die sinnvolle Anlage von Erosionsschutzstreifen sowohl Onsite-Schäden auf dem Schlag als auch Offsite-Schäden außerhalb des Schlags verhindert werden können (Honecker et al., 2022; LWK NRW, 2007). Weitere Ausführungen zur Wirkungsbewertung der Erosionsschutzstreifen sind dem Bericht von Scholz (2024) zu entnehmen.

Durch Einführung des Niedersächsischen Weges und der daraus folgenden Änderung im NWG haben sich die Vorgaben mit den Abständen zu den Gewässern in NI/HB während der FP PFEIL verändert. Unabhängig vom Förderangebot der **Gewässerschutzstreifen** in PFEIL ist je nach Gewässerordnung ein breiterer Grünstreifen bzw. Gewässerrandstreifen (früher ein bis drei Meter, ab dem 01.01.2021 zehn Meter [1. Ordnung] und seit dem 01.07.2022 fünf und drei Meter [2. und 3. Ordnung]) ohne Aufbringung von PSM und Düngemitteln verpflichtend anzulegen (MU et al., 2020). Die Lage der geförderten Gewässerschutzstreifen wurde daraufhin mit den jeweiligen Kulissen bzgl. der Einschränkungen aus der DüV und dem WHG bzw. NWG verschnitten. Insgesamt 43 Gewässerschutzstreifen mit einer Fläche von 5,5 ha lagen vollständig in beiden Kulissen. Das entsprach 1 % der geförderten Gewässerschutzstreifenfläche. Demnach wurden für diese Streifen ab dem jeweiligen Inkrafttreten der Vorgaben aus den geänderten Gesetzen die Förderauflagen, bis auf den frühen Ansaatzeitpunkt, durch das Erfüllen des geltenden Ordnungsrechts abgedeckt. Für den Fall, dass eine Förderung **vor** dem 01.01.2021 bestand, war eine Bodenbedeckung in den Kulissen durch das WHG gefordert, und es herrschte ein Verbot zur Anwendung von stickstoff- oder phosphathaltigen Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten (DüV, WHG). Dies wurde in der Kalkulation der Förderprämie berücksichtigt. Demnach wies das Niveau der Gewässerschutzstreifen einen noch höheren Stand auf, als nach dem 01.01.2021. Erst mit Inkrafttreten der Änderung des NWG durch den Niedersächsischen Weg liegt für diese Flächen kein Mehrwert aus Erosionsschutzsicht vor. Daten zum Zeitpunkt, ab wann die jeweiligen Streifen gefördert wurden, lagen nicht vor. Aufgrund der geringen Förderfläche wäre eine Erfassung nicht gerechtfertigt. Aufgrund der Unsicherheiten und der geringen identifizierten Förderfläche, werden diese Überschneidungen nicht weiterverfolgt.

Die Flächenmaßnahmen bzw. AUKM, welche einen Beitrag zur Reduzierung der Wassererosion leisten, wurden mit ihrer erreichten Ackerfläche nach Erosionsgefährdungsstufe eingeteilt (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20: Geförderte Ackerfläche der Maßnahmen nach Erosionsgefährdungsgrad

		Fläche E_{nat}-Kulisse	**Förderfläche in E_{nat}-Kulisse [ha]**			**Summe**	**Anteil an E_{nat}-Kulisse**
		[ha]	**AL21**	**BS71** [1)]	**BS72**	[ha]	[%]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**	2.628.692	32.638	115	512	33.264	1,3
davon	davon						
$CC_{Wasser}0$	$E_{nat}0$	1.537.131	14.203	nicht förderfähig	364	14.566	0,9
	$E_{nat}1$	569.670	11.236		61	11.297	2,0
	$E_{nat}2$	171.480	3.691		31	3.722	2,2
	$E_{nat}3$	70.927	1.205	54	10	1.269	1,8
	$E_{nat}4$	120.771	1.205	29	26	1.260	1,0
$CC_{Wasser}1$	$E_{nat}5.1$	95.282	636	20	17	673	0,7
$CC_{Wasser}2$	$E_{nat}5.2$	63.430	461	16	4	481	0,8
Auswertungsjahr (InVeKoS)		2022	2017	2021	2021		

1) Summe der Einzelwerte übersteigt den Summenwert, da einige Teilfächen in mehr als einer E_{nat}-Kulisse liegen.

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2021) und LBEG-Daten (2017, 2021, 2022).

Mit den Maßnahmen wurden insgesamt 1,5 % der $CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$-Kulisse erreicht. Getragen wurde dieser Anteil durch den Zwischenfruchtanbau, welcher naturgemäß mehr Fläche erreicht als die im Umfang relativ begrenzten Streifenmaßnahmen. Allerdings erreichten die Erosionsschutzstreifen aufgrund der Kulissenlenkung mit 31 % an der eigenen Maßnahmenfläche am stärksten die stark erosionsgefährdeten Bereiche.

In den Untersuchungen von Scholz (2024) konnten für die **Erosionsschutzstreifen** nur in geringem Umfang anteilige Mitnahmeeffekte identifiziert werden. Der Mehrwert bzw. die Schutzwirkungen neu angelegter Erosionsschutzstreifen musste bei weniger als 20 % der Förderfläche als gering eingeschätzt werden, da die Lage direkt an den Wald angrenzte (Abwesenheit von Fremdwasserzufluss, Lage am Oberhang). Bei einer Lage am Hangfuß mit angrenzendem Wald ist jedoch auch eine Schutzwirkung der Grünstreifen denkbar (Schutz vor Nährstoffeintrag bei Erosionsereignissen und/oder durch Verzicht auf PSM- und Düngemittel). Diese Flächen zeichnen sich infolge von Beschattung durch die Bäume durch vergleichsweise geringe Ertragsverluste aus (geringeres Ertragspotenzial) gegenüber Lagen der Erosionsstreifen im Inneren der Feldblöcke (und somit kann eine Überkompensation mit der Prämie nicht ausgeschlossen werden). Bei allen Befragten waren Anpassungen zur Einhaltung der Förderauflagen und zum Erhalt der Prämie notwendig, wie z. B. Verbreiterung des Streifens oder Veränderung der Pflegemaßnahmen (Unkrautbekämpfung). Demnach werden von den geförderten Erosionsschutzstreifen keine Flächen aufgrund von Mitnahmeeffekten zum Abzug gebracht.

Prinzipiell ist für die **Gewässerschutzstreifen** schon ein hohes Auflagenniveau (v. a. Vorgabe einer Kulisse und der Dimensionierung, PSM- und Düngemittelanwendungsverbot) gefordert und eine Bagatellgrenze gesetzt. Zudem wurden die in Niedersachsen bestehenden Einschränkungen aus der DüV für die Aufbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und Düngemitteln im Bereich von ein bis drei Metern zur Böschungsoberkante bei der Prämienberechnung berücksichtigt (ML, 2020: 504; DüV). Dieses schränkt die Mitnahmeeffekte ein. Dadurch, dass Überschneidungen der Förderflächen mit den geltenden Kulissen aus dem NWG und der DüV bei 1 % der Förderfläche lagen und nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die Förderung schon vor Inkrafttreten der verschärften Vorgaben des WHG/NWG und der DüV begann, wurde keine Förderfläche zur Wirkungseinschätzung abgezogen.

Fazit: Beitrag zum Schutz vor Wassererosion

Von den Ergebnissen der Tabelle 20 ausgehend, konnte nach der in Kapitel 4 geschilderten Methodik potenziell ein vermiedener Bodenabtrag durch Wassererosion von im Minimum (Min) ca. 119.000 t und im Maximum (Max) ca. 222.000 t für die betrachteten Jahre 2017 (AL21) und 2021 (BS71, BS72) realisiert werden (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21: Potenziell vermiedener Bodenabtrag durch die Maßnahmen mit SPB 4C-Ziel

CC-Klasse, E_{nat} Stufen	**Vermiedener Bodenabtrag gesamt [t/a]**						**Summe**	
	AL21		**BS71**		**BS72**		**[t/a]**	
	Min	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**
Gesamt	**115.353**	**216.009**	**2.399**	**3.581**	**1.719**	**2.968**	**119.471**	**222.558**
davon								
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 0	13.677				350		**14.027**	
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 1	10.956	54.672	nicht förderfähig		59	294	**11.015**	**54.672**
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 2	17.994	35.952			119	298	**18.113**	**35.952**
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 3	11.749	17.611	533	799	96	144	**12.377**	**18.553**
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 4	17.628	35.244	424	848	376	752	**18.428**	**36.845**
$CC_{Wasser}1$, E_{nat} 5.1	18.612	34.116	590	1.082	495	907	**19.697**	**36.105**
$CC_{Wasser}2$, E_{nat} 5.2		24.738		852		224		**25.813**
	Vermiedener Bodenabtrag pro Hektar [t/a]							
Gesamt	4	7	21	31	3	6	**28**	**44**

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2021), LBEG-Daten (2017, 2021) und Angaben aus Auerswald et al. (2021).

Dabei ist zu erkennen, dass, basierend auf dem Umfang der erreichten Förderfläche, der gesamte potenziell vermiedene Bodenabtrag bei der Vorhabenart AL21 am höchsten war. Werden hingegen die vermiedenen Bodenabträge pro Hektar ausgewertet, sind die Erosionsschutzstreifen am effektivsten. Das ist neben dem geringen C-Faktor vor allem auf die Flächenanteile der Erosionsschutzstreifen innerhalb der Gebiete mit einer großen Erosionsgefährdung zurückzuführen. Hier zeigt sich die große Wirkung der gesetzten Förderkulisse, was zu einer größeren Reduzierung des potenziell vermiedenen Bodenabtrags beiträgt.

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. Beim Zwischenfruchtanbau beträgt die Verweilzeit nur wenige Monate, welche allerdings aus Erosionsschutzsicht besonders wichtig sind. Allerdings ist danach eine Bestellung mit Sommerungen möglich, welche im Schnitt deutlich höhere C-Faktoren aufweisen und demnach das Risiko für Wassererosion erhöhen. Bei den lagetreuen Grünstreifen besteht die hohe Bodenbedeckung über die Förderlaufzeit unverändert durch die geschlossene Grasnarbe, was das Auftreten der Erosion nahezu vollständig vermeidet. Demnach ist die Wirkung der Erosions- und Gewässerschutzstreifen als höher einzuschätzen. Bei den Erosionsschutzstreifen ist zudem die erweiterte Schutzwirkung auf die angrenzenden Ackerflächen zu berücksichtigen.

Mit der ABAG wurde ein Bodenabtrag der mit SPB 4C programmierten Maßnahmen von im Mittel zwischen 0,1 bis 0,2 t/ha*a kalkuliert. Diese Werte unterschreiten auch den für Niedersachsen im Jahr 2021 nach Quellen des Thünen-Instituts mittleren Bodenabtrag von ca. 1,0 t/ha*a unter der Prämisse eines C-Faktors auf der Gemeindeebene (Baum et al., 2025). Damit wird die erosionsschonende Wirkung der Maßnahmen nochmal deutlich.

5.3.2 Winderosionsschutz

Zwischenfruchtanbau und Untersaaten – Grundförderung (AL21)

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 wichtig ist. Werden 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). Hier wurde auch die gesamte Förderfläche als Wirkungsfläche herangezogen.

Erosions- und Gewässerschutzstreifen (BS71, BS72)

Durch die dauerhafte Bodenbedeckung wird nicht nur die Wassererosion verringert, sondern im gleichen Rahmen auch die Anfälligkeit gegenüber Winderosion. Diese Veränderungen des Anbausystems werden im Kontext des Erosionsschutzes als kurzfristige Maßnahme eingestuft. Bei einer Bodenbedeckung von durchschnittlich über 25 % kann von einem wirksamen Schutz ausgegangen werden. Im Idealfall werden mehrere Grünstreifen quer zur Hauptwindrichtung und parallel zueinander angelegt, im Wechsel von erosionsmindernden und erosionsgefährdeten Kulturen (sogenannten Streifenbewirtschaftung). Somit kann die Flächenheterogenität erhöht werden, wodurch wiederum die Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche reduziert wird, einem zentralen Faktor der Winderosion (Honecker et al., 2022; Steininger und Wurbs, 2017; Duttmann et al., 2011). Allerdings ist die Wirkung geringer, wenn die Grünstreifen nur vereinzelt auf den Ackerflächen verteilt und nicht zwingend in der Winderosionskulisse sowie ohne einen idealen Verband mit anderen Kulturen angelegt werden (Steininger und Wurbs, 2017). Der Schutzbereich, welcher dadurch erreicht wurde, entsprach der Förderfläche der Maßnahmen BS71 und BS72. Dies ist darin begründet, dass für die Lage im Raum in Bezug auf die Hauptwindrichtung und andere Winderosionsschutzmaßnahmen (z. B. bewusster Streifenanbau

erosionsmindernder Kulturen) keine Daten vorliegen, welche die Windschutzwirkung weiter quantifizieren könnten. Es ist davon auszugehen, dass die Streifen jedoch bei guter Platzierung die Wirkfläche erweitern.

Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion (BS8)

Durch das Einbringen dreireihiger Hecken auf durch Winderosion gefährdeten Ackerflächen quer zur Hauptwindrichtung kommt der Wirkungsfaktor Verringerung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche zum Tragen. Hecken verhindern, als eine der vielfältigen Ökosystemleistungen, demnach die Winderosion (Drexler et al., 2021; Dürr et al., 2024). Im Erosionsschutzkontext werden Hecken in die Veränderung der Landschaftsstruktur bzw. strömungsphysikalische Maßnahmen oder die landeskulturellen Maßnahmen einsortiert. So kann Winderosion verringert werden, wobei auf die Höhe und den Abstand der Reihen untereinander (200 bis 300 m) sowie auf die Ausrichtung senkrecht zur Hauptwindrichtung zu achten ist. Aufgrund der in den Förderbedingungen festgelegten Verortung der Hecken in den Stufen $E_{nat}4$ und $E_{nat}5$ der Winderosionskulisse sowie quer zur Hauptwindrichtung wird der Wirkfaktor der Lage passend adressiert. Windschutzhecken, Windschutzbaumreihen oder Knicks wirken mittel- bis langfristig und werden auch im Zusammenhang mit Flurneuordnungen umgesetzt. Die Fläche, welche von dem Schutz profitierte, erstreckte sich luv- und leeseitig abhängig von der Höhe des Windhindernisses und war mit 4,2 ha (vgl. Tabelle 22) somit größer als die eigentlich Förderfläche (Honecker et al., 2022; Steininger und Wurbs, 2017; Duttmann et al., 2011).

Fazit: Beitrag zum Schutz vor Winderosion

Die vier betrachteten Vorhabenarten wurden entsprechend ihrer Lage in der Winderosionskulisse charakterisiert (vgl. Tabelle 22). Bei den Windschutzhecken wurde zudem die erweiterte Förderfläche angerechnet.

Tabelle 22: Einordnung der geförderten Ackerfläche der Maßnahmen mit prioritärem SPB 4C-Ziel in die Winderosionskulisse

				Förderfläche in E_{nat}-Kulisse						
		Bezeichung Erosions-gefährdung	Fläche E_{nat}-Kulisse	AL21	BS71	BS72	BS8	BS8 erweiterte Wirkfläche	Summe	Anteil an E_{nat}-Kulisse
			[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**		2.628.692	32.643	115	512	1,3	4,2	33.274	1,3
davon	davon									
	$E_{nat}0$	keine	568.594	3.823	39	184			4.094	0,7
	$E_{nat}1$	sehr gering	701.160	7.130	53	153	nicht	nicht	7.388	1,1
	$E_{nat}2$	gering	347.700	6.657	16	54	förderfähig	förderfähig	6.758	1,9
	$E_{nat}3$	mittel	401.081	8.131	8	52			8.227	2,1
	$E_{nat}4$	hoch	390.202	4.706	-	34	0,4	-	4.761	1,2
CC_{Wind}	**$E_{nat}5$**	**sehr hoch**	**219.955**	**2.194**	**-**	**34**	**0,9**	**-**	**2.243**	**1,0**
Auswertungsjahr (InVeKoS)			2022	2017	2021	2021	2021	2021		

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS (2017, 2021) und LBEG (2017, 2021, 2022).

Da eine Zuweisung zu Abtragsmengen nicht möglich ist (Steininger und Wurbs, 2017), wurde die erreichte Förderfläche der Maßnahmen in der Winderosionskulisse beziffert. Diese umfasste ca. 2.200 ha bzw. ca. 1 % der CC_{Wind}-Kulisse, welche aktiv zur Vermeidung von Winderosion beitrug. Unter Berücksichtigung der anderen E_{nat}-Stufen wurde mehr Fläche erreicht, maximal ca. 2 % in Gebieten mit mittlerer Erosionsgefährdung. Der Zwischenfruchtanbau trug absolut am stärksten zur erreichten Kulisse bei, da bei AL21 keine Flächengrößenbeschränkungen greifen. Relativ innerhalb der jeweiligen Maßnahmen schnitt die Winderosionsschutzhecken am besten ab, was auf die gezielte Vorgabe der Windkulisse zurückzuführen ist. Die Gewässerschutzstreifen wiesen wie AL21 ca. 7 % der jeweiligen Förderfläche in der CC_{Wind}-Kulisse auf.

5.3.3 Kohlenstoffspeicherung im Boden

Zwischenfruchtanbau und Untersaaten - Grundförderung (AL21)

Durch den regelmäßigen, langfristigen Anbau von ZWF oder Untersaaten in der Fruchtfolge kann Kohlenstoff in den Boden eingetragen 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} im 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 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 SOC-Vorrat im Schnitt um 0,05 t C/ha*a in zehn Jahren erhöht (Seitz et al., 2022).

Erosions- und Gewässerschutzstreifen (BS71, BS72)

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). 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). Langfristig kann dadurch ein mittlerer C_{org}-Aufbau von 0,73 t/ha*a erzielt werden, bzw. liegt Modellierungsergebnissen zufolge in einer Spannweite von 0,4 bis 0,8 t C_{org} ha*a (Wiesmeier et al., 2020; Lugato et al., 2014). Wie im vorherigen Kapitel dargestellt, ist die Wirkung auf die Förderdauer von i. d. R. fünf Jahren begrenzt. Demnach wird, abgeleitet von den Werten aus der VDLUFA für langfristige mehrjährige Begrünung, ein Kohlenstoffeintrag von 600 kg C/ha*a herangezogen. Dieser weicht von dem angenommenen, konservativen[6] Wert aus dem Erosionsschutzstreifenbericht (0,3 t C_{org}/ha*a) ab (Scholz, 2024). In der Auswertung für den vorliegenden Bericht steht die Vergleichbarkeit der Maßnahmen untereinander im Fokus, weshalb die Werte der VDLUFA (und die dahinterstehende einheitliche Methodik) herangezogen wurden. Zudem sorgt eine Erhöhung des organischen Kohlenstoffs im Oberboden für eine erhöhte Aggregatstabilität, was wiederum die Anfälligkeit gegenüber Erosion verringert (Brown et al., 2021).

Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion (BS8)

Hecken und Feldgehölze (wie auch BS9, Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz) erfüllen eine Vielzahl von Ökosystemleistungen. Neben dem Schutz vor Winderosion (siehe Kapitel 5.1.2) und dem Beitrag zur

[6] Im Erosionsschutzstreifenbericht wurde darauf hingewiesen, dass für diese Art der Maßnahme auch höhere Kohlenstoffeintragsraten existieren.

Bodenfruchtbarkeit sind sie u. a. auch förderlich für den Klimaschutz, da sie Kohlenstoff in der Biomasse speichern (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 wird 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 zu Folge, die auf Messungen basieren, sind unter Hecken in der unterirdischen Biomasse 44 ± 28 t C_{org}/ha als Vorrat vorhanden. Für die Klimaschutzfunktion können nur neu gepflanzte Hecken einen Beitrag zur Kohlenstoffsequestrierung leisten. Die Größenordnung liegt im Mittel bei 92 ± 40 t C_{org}, welche in der Biomasse pro Hektar 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 abhängig. Knicks speichern deutlich mehr als tendenziell kurzlebige Futterlaubhecken und Kurzumtriebsplantagen (Schmidt et al., 2023).

Fazit: Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Die Kalkulation der Humusmengen, die durch die Maßnahmen in den Boden eingetragen wurden, sind Tabelle 23 zu entnehmen. Sie setzen sich als berechnetes Ergebnis 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 Kohlenstoff in den Boden.

Tabelle 23: Humusreproduktionswerte der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzziel

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Kohlenstoffeintrag [kg C_{org}/ha*a]	Quelle	erreichte Fläche [ha]	gespeicherte Menge Kohlenstoff im Boden [t]
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung (abzüglich ÖVF-Zwischenfruchtanbau)	320	Poeplau und Don, 2015	42.127 [1)]	13.481
BS71	Erosionsschutzstreifen	600	Harbo et al., 2022, Wüstemann et al., 2023, Wiesmeier et al., 2020	115 [2)]	69
BS72	Gewässerschutzstreifen	600	s.o.	512 [2)]	307
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion	900	Drexler et al., 2021	1,3 [2)]	1,2
Summe				**42.756**	**13.858**

1) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2015 (InVeKoS)
2) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2021 (InVeKoS)

Quelle: Nach VDLUFA (2014) und mit InVeKoS-Daten (2015, 2021).

In der Summe konnte potenziell auf einer Fläche von ca. 42.700 ha eine Menge von bis zu 13.800 t Humus in Form von C_{org} in den Boden eingetragen werden.

Die errechneten Werte zeigen nicht die Spannweiten oder die statistischen Ungenauigkeiten, um konservative Angaben zu tätigen. 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 ausübt. Dies ist auch in der Veränderung des Vorrats an organischem Kohlenstoff (t/ha*a) in den Ackerflächen (Oberboden von 0 bis 20 cm) in NI im Zeitverlauf zu sehen. Während der organische Kohlenstoffvorrat von 2012 bis 2015 an Standorten mit ähnlich geringem initialem C_{org}-Gehalt oder grundwasserfernen Böden relativ konstant blieb, nahm er in

Oberböden mit initial höheren C_{org}-Gehalten oder an grundwasserbeeinflussten Standorten im Mittel ab (Höper und Meesenburg, 2021).

5.4 Wirkungen der Maßnahmen ohne programmierte Bodenschutzziele

Bei den AUKM (AL22, AL5, BS11, BS12, BS2, BS6, BS9) kamen die gesamten InVeKoS-Förderflächen des ausgewählten Jahres zur Anrechnung. Beim ökologischen Landbau (BV1) wurde die geförderte Ackerfläche betrachtet.

5.4.1 Flächenmaßnahmen

5.4.1.1 Zwischenfruchtanbau und Untersaaten - Zusatzförderung (AL22)

Die Ausführungen zum **Erosionsschutz** des Kapitels 5.3.1 und Kapitel 5.3.2 gelten hier genauso auch für die winterharten Zwischenfrüchte, die mit einem Wasserschutzziel (SPB 4B) programmiert wurden. Allerdings bestand der Unterschied aus Bodenschutzsicht und den betrachteten Bewertungskriterien beim Zwischenfruchtanbau und Untersaaten – Zusatzförderung (AL22) darin, dass diese winterhart sein mussten und der Umbruch im Gegensatz zu AL21 erst frühestens zum 1. März erfolgen durfte (eine Woche später als bei AL21) (RL NiB-AUM 2015; RL NiB-AUM 2019). Bei der Vorhabenart von AL22 war zu beachten, dass die ähnliche ÖVF-Zwischenfruchtanbau auf derselben Fläche kombiniert werden konnte. Im Jahr 2020 wurden 15,2 % der AL22 Förderfläche auch durch diese ÖVF in Anspruch genommen (unter Einhaltung aller beidseitiger Förderbestimmungen) (siehe dazu auch Ausführungen in Kapitel 6.5 im Bericht Reiter et al., 2025). In Bezug auf den Wirkfaktor der Bodenbedeckung waren sich diese AUKM und die ÖVF-Variante Zwischenfruchtanbau sehr ähnlich. Beim ÖVF-Zwischenfruchtanbau war die Einsaat der Folgekultur bzw. Bodenbearbeitung bereits ab dem 16. Februar des Folgejahres möglich, im Gegensatz zum 1. März des Folgejahres bei der AL22 (Zusatz-)Förderung. Dies hat den Vorteil, dass die Bodenbedeckung länger als die ÖVF-Variante und die Grundförderung AL21 anhält und demnach auch für einen längeren Zeitraum Schutz vor der Energie der auftreffenden Regentropfen gewährleisten kann und auch länger vor der **Winderosion** schützt. Die Vorhabenart hat den Zielwert von 30.000 ha um ca. 6.000 ha beim Jahr des Förderhöchststandes übertroffen (ML, 2021). Trotz der hohen Inanspruchnahme lagen weniger als 1 % der Förderfläche in den stark erosionsgefährdeten Bereichen (CC_{Wasser}1-Kulisse und CC_{Wasser}2-Kulisse bzw. ab E_{nat}5.1-Kulisse) (vgl. Tabelle 30). Dies ist darin begründet, dass die WRRL die Bezugskulisse darstellte. Unter Berücksichtigung der Flächen ab der E_{nat}3-Kulisse (mittleren Erosionsgefährdung) lag der Anteil bei 3,5 %.

Die Wirkungsweise auf die **Kohlenstoffspeicherung im Boden** entspricht den ZWF in Kapitel 5.3.3. Für den Eintrag von Kohlenstoff in den Boden ist die Kulturart und die ober- und unterirdisch produzierte Biomasse entscheidend (Wüstemann et al., 2023).

Bei Doppelnutzung der ÖVF-Zwischenfruchtanbau und der AUKM auf denselben Flächen wurde die Fläche des ÖVF-Zwischenfruchtanbaus nicht abgezogen. Die Begründung dafür ist, dass sie in Bezug auf die Humuswirkung die gleichen Bedingungen nach der Ernte aufwiesen (RL NiB-AUM 2015; LWK NRW, 2015).

Tabelle 24: Zusammenfassung Einschätzung AL22

Wassererosion				Winderosion	Kohlenstoffspeicherung im Boden		Wirkungs-dauer	Mitnahmen
erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse [1)]	vermiedener Bodenabtrag			erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden			
[%]	[t/ha]		[t] gesamt	[%]	[kg C_{org}/ha*a]	[t] gesamt		
0,2	4,0	Min: Max:	66.912 146.405	2,9	320	11.662	be	keine

1) CC_{Wasser} 1 bzw. E_{nat}5.1 und CC_{Wasser}2 bzw. E_{nat}5.2

Quelle: Eigene Darstellung.

5.4.1.2 Keine Bodenbearbeitung nach Mais (AL5)

Bei der Maßnahme AL5 wird die Bodenoberfläche nach der Maisernte nicht bearbeitet. Ein Schlegeln oder Walzen ist nach den Förderbestimmungen zulässig (RL NiB-AUM 2015). Die somit verbleibenden Strohhäcksel oder die platten Maisreste erzeugen eine höhere Bodenbedeckung und eine rauere Oberflächenstruktur im Vergleich zu einem feinkrümeligen Saatbett. Wenn die Maisstoppel nach der Ernte auf dem Feld stehen bleiben, ist die Windschutzwirkung größer als bei liegenden Ernteresten (Steininger und Wurbs, 2017). Aus Bodenschutzsicht ist gerade bei erosionsgefährdeten Kulturen mit einem hohen Reihenabstand und einer vergleichsweise großen ungeschützten Bodenoberfläche wie beim Mais eine Weiterführung der Bodenbedeckung für die Vermeidung von **Wind- und Wassererosion** wichtig (Honecker et al., 2022; Steininger und Wurbs, 2017). Die Wirkdauer war auf den Zeitraum nach der Ernte bis zum 1. März im Folgejahr beschränkt, da die Flächen danach wieder umgebrochen werden durften (RL NiB-AUM 2015). Das Anforderungsniveau geht damit deutlich über den GLÖZ 5 Standard hinaus. Der Anteil der Vorhabenflächen an der gesamten CC_{Wasser}1-Kulisse und CC_{Wasser}2-Kulisse lag zusammen bei 0,2 %, unter Berücksichtigung der E_{nat}3- und E_{nat}-4 Kulisse bei 0,6 %.

Tabelle 25: Zusammenfassung Einschätzung AL5

Wassererosion				Winderosion	Kohlenstoffspeicherung im Boden		Wirkungs-dauer	Mitnahmen
erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse [1)]	vermiedener Bodenabtrag			erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden			
[%]	[t/ha]		[t] gesamt	[%]	[kg C_{org}/ha*a]	[t] gesamt		
0,2	3,1	Min: Max:	19.270 37.837	0,8	n.q.		be	keine

1) CC_{Wasser} 1 bzw. E_{nat}5.1 und CC_{Wasser}2 bzw. E_{nat}5.2

Quelle: Eigene Darstellung.

5.4.1.3 Streifenmaßnahmen (BS11, BS12, BS2, BS6)

In PFEIL waren verschiedene Streifenmaßnahmen - Blüh- und Schonstreifen enthalten, welche je nach Verweilzeit in unterschiedlichem Umfang zur Erhöhung der Bodenbedeckung und damit auch zur Kohlenstoffspeicherung beitrugen. Die Wirkweise ist den Ausführungen bei den Erosions- und Gewässerschutzstreifen im Kapitel 5.3.1 zu entnehmen. Allerdings war die Zeit der Bodenbedeckung im Vergleich auf ein Jahr (BS11, BS12) oder mehrere Jahre (BS2, BS6) begrenzt. Temporär und jährlich wechselnd war die Bodenbedeckung der Förderflächen bei den

Vorhabenarten BS11 und BS12, welche schon ab dem 15. Februar umgebrochen werden durften. In der Regel betrug die Bodenbedeckung fünf Jahre bei den Streifenmaßnahmen BS2 und BS6, bei denen die Umbrüche frühestens ab dem 15. Oktober des letzten Verpflichtungsjahres bzw. gar nicht erlaubt waren. Sie zeichneten sich wie die Erosions- und Gewässerschutzstreifen durch eine vergleichsweise lange Bodenbedeckung ohne Umbruch aus (RL NiB-AUM 2015).

Für den **Erosionsschutz** ist die Wirkung der Streifen am größten, wenn erosionsgefährdete Ackerflächen dadurch eine höhere Bodenbedeckung aufweisen als zuvor. Zudem wird die Wirkung erhöht, wenn der Schlag mit Blüh- oder Schonstreifen entsprechend dem Gefälle so ausgestattet wird, dass eine Verkürzung der erosiven Hanglänge erfolgt. Durch räumliche Geodatenanalysen konnte besonders bei den Rotmilan-Schonstreifen (BS6) festgestellt werden, dass fast jeder vierte Streifen an Grünland angrenzte (vgl. Tabelle 26). Der Mehrwert hinsichtlich des Erosionsschutzes ist im Gegensatz zu Ackerflächen als direkte Nachbarschaft geringer, da Grünland aufgrund der dauerhaft hohen Bodenbedeckung weniger anfällig für Erosion ist (Honecker et al., 2022). Durch die Lage angrenzend an Grünland kann die Erosionsschutzwirkung der Streifen demnach nicht die volle Wirkung entfalten.

Tabelle 26: Einteilung der Streifenvorhabenarten hinsichtlich der Lage am Grünland

		Angrenzende Streifen an Grünland		
Kürzel	Förderfläche (gesamt) [ha]	Anzahl der Streifen [n]	Fläche [ha]	Anteil an gesamter Förderfläche [%]
BS11	12.776	1832	1.642	12,8
BS12	7.782	1048	1.081	13,9
BS2	1.653	267	274	16,6
BS6	3.016	330	705	23,4

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf InVeKos-Daten (2020, 2021) und LBEG-Daten (2020, 2021).

Nach einer Studie von Harbo et al. (2022) konnte bei untersuchten Blühstreifen eine negative Korrelation von **Kohlenstoffspeicherungsrate** und Pflanzenartenanzahl festgestellt werden. Außerdem konnte eine signifikante, positive Korrelation zwischen den Gräsern und der unterirdischen Biomasse festgestellt werden. Das heißt, ein artenärmerer, von mehrjährigen Gräsern und Kleearten dominierter Blühstreifen weist eine höhere Kohlenstoffspeicherungsrate auf als artenreiche Blühstreifen. Demnach besteht in Konflikt zwischen der Biodiversität in Form einer großen Artenanzahl mit Blühaspekten auf der einen Seite und der C-Sequestrierung mit (mehrjährigen) Gräsern auf der anderen Seite. Dieses Ergebnis beruht auf Modellierungen, die einen langen Zeithorizont von mindestens 20 Jahren voraussetzen. Nach den Modellierungsergebnissen könnten in den ersten 20 Jahren 0,48 ± 0.36 t C_{org}/ha*a gespeichert werden. Der Mehrwert mehrjähriger Blühstreifen (BS2, BS6) ist, dass sie aufgrund der längeren Standzeit bzw. längeren Biomasseentwicklung einen größeren Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung leisten und z. B. eine höhere SOC Konzentration im Oberboden bis 30 cm als im angrenzenden Ackerland nachgewiesen werden konnte (Wüstemann et al., 2023; Vaupel et al., 2024).

Eine Zusammenfassung der Wirkungsbeiträge zu der Bewertungskriterien der Streifenmaßnahmen zeigt Tabelle 27.

Tabelle 27: Zusammenfassung Einschätzung der Streifenmaßnahmen

Kürzel	Wassererosion			Winderosion	Kohlenstoffspeicherung im Boden		Wirkungs-dauer	Mitnahmen
	erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse [1]	vermiedener Bodenabtrag		erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden			
	[%]	[t/ha]	[t] gesamt	[%]	[kg C_{org}/ha*a]	[t] gesamt		
BS11	1,5	9,8	Min: 77.672 Max: 124.619	0,2	550	7.027	be	keine
BS12	1,2	11,5	Min: 55.971 Max: 89.518	0,1	550	4.280	be	keine
BS2	0,3	13,0	Min: 14.085 Max: 21.563	0,03	700	1.157	be	keine
BS6	1,4	28,5	Min: 56.864 Max: 86.061	0,01	700	2.111	be	keine

1) CC_{Wasser} 1 bzw. E_{nat}5.1 und CC_{Wasser}2 bzw. E_{nat}5.2

Quelle: Eigene Darstellung.

Bewertung Mitnahmeeffekte: Bei den Streifenmaßnahmen ist das Niveau der Förderauflagen sehr hoch. Durch das Setzen der Bagatellgrenzen, der Größenvorgaben und Kulissen sowie die Absprache mit UNB konnten die Mitnahmeeffekte eingeschränkt werden. Die Geodatenauswertung bzgl. der Lage konnte einen großen Flächenanteil der Rotmilan Schonstreifen angrenzend an Grünland identifizieren. Durch das sehr hohe Auflagenniveau, was deutlich über die GLÖZ-Standards hinausging, die vorgegebenen Ruhezeiten und die Naturschutzkulissen sind hier keine Mitnahmen aus Bodenschutzsicht anzurechnen. Überschneidungen von programmierten Biodiversitätswirkungen und geleisteten Beiträge zum Wassererosionsschutz sind dadurch möglich, aber als positive Synergieeffekte zu deuten.

5.4.1.4 Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz (BS9)

Zum Wirkungsfaktor Verringerung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche trugen die Hecken der Maßnahme BS9 bei. Die Ausführungen zur Wirkweise sind dem Kapitel 5.3.2 zu entnehmen, wobei die Anlage nicht auf den **Winderosionsschutz** ausgerichtet war. Demnach entfällt die zielgerichtete Verortung quer zur Hauptwindrichtung und die Dreireihigkeit. Die Hecken waren i. S. von § 8 Abs. 1 AgrarZahlVerpflV und den Vorgaben der RL NiB-AUM 2015 anzulegen, wobei sie mindestens 10 Meter lang und eine Durchschnittsbreite von mindestens 6 bis maximal 15 Metern aufweisen mussten. Bei der Neupflanzung sind Hecken in der Regel zwischen einem und eineinhalb Metern hoch (Kühne et al., 2018; Meyerhoff, 2011). Mit diesen Angaben wurde basierend auf den Geodaten (verknüpft mit den InVeKoS-Daten) die von der Erosionsschutzwirkung erreichte Fläche mit 2,1 ha ermittelt. Dabei wurde neben der eigentlichen Heckenfläche auch die gesamte Schutzfläche sowohl auf der Luv- als auch der Leeseite berücksichtigt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Schutzwirkung mit steigender Entfernung zur Hecke abnimmt (Duttmann et al., 2011). Die Hecken wurden in der von der vorgegebenen Kulisse (Fokus auf Wildtier- und Vogelschutz) verortet, keine Hecken lagen in der Winderosionskulisse (Tabelle 28).

Die Wirkungsweise von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz auf die **Kohlenstoffspeicherung** im Boden entspricht den der Erosionsschutzhecken (siehe Kapitel 5.3.3).

Tabelle 28: Zusammenfassung Einschätzung BS9

Wassererosion			Winderosion	Kohlenstoffspeicherung im Boden		Wirkungs-dauer	Mitnahmen
erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse [1)]	vermiedener Bodenabtrag		erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden			
[%]	[t/ha]	[t] gesamt	[%]	[kg C_{org}/ha*a]	[t] gesamt		
0,0004	n.q.		0,0	900	1	dh	keine

1) CC_{Wasser} 1 bzw. E_{nat}5.1 und CC_{Wasser}2 bzw. E_{nat}5.2

Quelle: Eigene Darstellung.

5.4.1.5 Ökologischer Landbau (BV1)

Der ökologische Landbau 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 ökologische Landbau durch erosionsmindernde Bewirtschaftungsmaßnahmen aus, wie hoher Eintrag bzw. Zufuhr organischer Substanz, Mulchbedeckung, diverse Fruchtfolgen mit Klee-Grasmischungen und Luzerne-Grasmischungen, was letztendlich den Erosionsschutz erhöht. 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 aufzeigte (Haller et al., 2020; Sanders und Heß, 2019).

Bewirtschaftungsmaßnahmen, welche sich neben dem Erosionsschutz auch positiv auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken, wie hohe Zufuhr organischer Substanz/organischer Dünger, diversifizierte Fruchtfolge mit mehrjährigen Leguminosen und ständige Bodenbedeckung, werden im ökologischen Landbau stark verfolgt (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 zu anderen Praktiken zur Kohlenstoffbindung im Boden wird der Umstellung auf den ökologischen Landbau ein großes Potenzial von 2.150 kg CO_2-Äq. pro Hektar 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[7]) 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 nichtökologischen Bewirtschaftungssystemen (Gattinger et al., 2012). Vor allem für

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

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, Unterboden 70 bis 100 cm 2,5 t C/ha)(Krauss et al., 2022). Da zur Bodenbearbeitung keine Daten vorliegen, wurden keine Analysen vorgenommen. Der ökologische Landbau 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 Gründüngungspflanzen. Vielgliedrige Fruchtfolgen tragen im Gegensatz zu Fruchtfolgen mit wenigen Kulturen oder Monokulturen stärker zum Aufbau des SOC-Vorrats bei. Zudem wird das Potenzial zur Kohlenstoffsequestrierung im Oberboden (0 bis 20/30 cm), um 216 ± 117 kg C/ha*a im Vergleich zu eingliedrigen Fruchtfolgen erhöht (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, Gülle und Kompost trägt unabhängig von der Bewirtschaftungsart zum Humusaufbau bei. Im Vergleich zu Ackerland ohne organische Düngung kann 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).

Die bisherigen oben aufgeführten Ergebnisse der Wissenschaft, welche die positiven Beiträge des ökologischen Landbaus zur Kohlenstoffspeicherung hervorhoben, basieren auf kontrollierten Feldexperimenten. Allerdings gibt es erstmals dazu Ergebnisse aus der landwirtschaftlichen Praxis. Eine Studie aus dem Jahr 2025 ergab, dass es basierend auf Auswertungen von Bodeninventurdatensätzen keinen signifikanten Unterschied im Bodenkohlenstoffgehalt und -vorrat unter ökologischer Bewirtschaftung im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft gibt. Untersuchte Faktoren waren neben dem Ertrag die Menge der organischen Düngung, der Anbau von Zwischenfrüchten und die Fruchtfolge in Bezug auf den Humusmehreranteil. Der letzte Faktor bestätigte, dass der Anteil an Humusmehrern mit 39 % im ökologischen Landbau deutlich größer war als in der konventionellen Landwirtschaft mit 11 %. Die anderen Faktoren glichen diesen Vorteil allerdings aus. Trotzdem lautete das Fazit, dass der Bodenkohlenstoffaufbau im Ökolandbau, welcher vorwiegend auf die humusfördernden Fruchtfolgen zurückzuführen ist, deswegen mit einem deutlich weniger negativen Umwelteffekten einhergeht als im konventionellen Anbau. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass im konventionellen Anbau der Bodenkohlenstoff durch den erheblichen Einsatz von Mineraldüngern aufgebaut wird, welcher sowohl bei der Produktion (großer Energieeinsatz) als auch im Einsatz bzw. in der Ausbringung mit größeren Emissionen (z. B. THG-Emissionen) verbunden ist (Brügge und Don, 2025).

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 beschrieben.

Die Ergebnisse unterteilen sich in die separaten Auswertungen der Jahre 2016 und 2022 (als Vorher-Nachher- bzw. Mit-Ohne-Vergleich) sowie in die Auswertungen als DiD-Vergleich. Bei der Betrachtung der beiden Einzeljahre fällt auf, dass die Summen der vereinfachten Humusbilanzierungen bei den konventionellen Betrieben negativ sind (vgl. Tabelle 29). Bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben (ÖKO) fällt die Summe positiv aus. Die humusmehrende Bewirtschaftungsweise im ökologischen Landbau ist klar erkennbar. Zu

beachten ist die Anzahl der einbezogenen Betriebe. Der ökologische Landbau ist im Vergleich zur Anzahl konventionell wirtschaftender Betriebe weniger in der Auswertung vertreten. Dies ist darin begründet, dass der Großteil der ÖKO-Betriebe Grünlandnutzung betreiben und demnach hier bei der Ackerlandbewirtschaftung nicht mit einbezogen werden (von eigentlich 1.196 Betrieben, die in diesem Jahr eine Förderung für BV1 erhielten, Wert aus dem Bericht von Reiter et al., 2025).

Tabelle 29: Vergleich der Humusreproduktionsleistung für die Jahre 2016 und 2022, Unterscheidung konventionell und ÖKO

				Humusreproduktionsleistung			
Jahr	Bewirtschaftungsart	Anzahl Betriebe	Ackerfläche	Summe	Mittelwert	Mittelwert gewichtet	Netto Mittelwert gewichtet
		[n]	[ha]	[Häq/ha*a]	[Häq/ha*a]	[Häq/ha*a]	[Häq/ha*a]
2022	konventionell	31.701	1.828.438	-441.429.289	-180,8	-241,4	
	ÖKO	1.421	63.737	7.328.583	201,1	115,0	356,4
2016	konventionell	34.142	1.846.320	-408.593.887	-193,0	-221,3	
	ÖKO	746	29.430	2.544.769	151,6	86,5	307,8

ÖKO = ökologischer Landbau (BV 1)

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2016, 2022) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015).

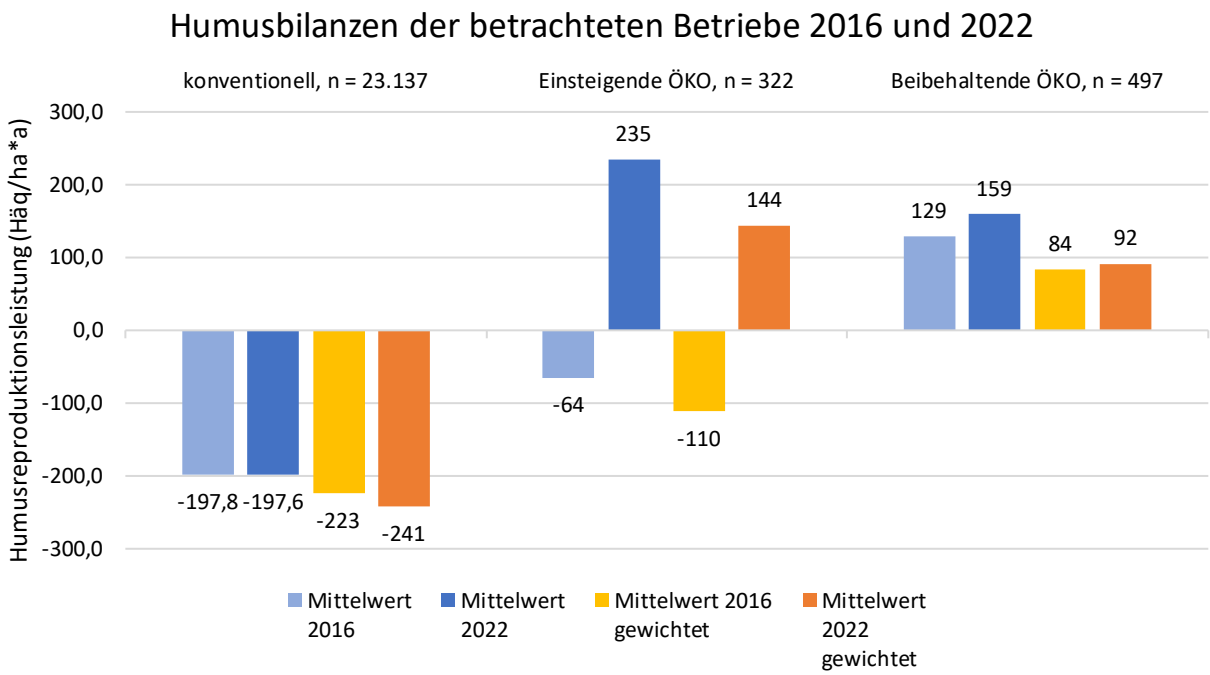
Bei den Mittelwerten auf Betriebsebene fällt auf, dass die Humusbilanzen im Schnitt im Jahr 2022 eher weniger humuszehrend gewesen sind. Hieraus lässt sich die Tendenz ableiten, dass bei den Betrieben generell etwas humusmehrender gearbeitet wurde bzw. mehr humusmehrende Kulturen angebaut wurden, unabhängig der Bewirtschaftungsweise (siehe dazu nächster Abschnitt zur Auswertung der angebauten Fruchtarten). Zudem ist zu sehen, dass die ÖKO-Betriebe auch im Mittelwert eine positive vereinfachte Humusbilanz aufwiesen, im Gegenteil zu den konventionell bewirtschafteten Betrieben. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass bei der Betrachtung der Betriebsebene einzelne Ausreißer mit Extremen „durchschlagen". Dafür bieten sich die flächengewichteten Mittelwerte an. Bei denen ist die gleiche Tendenz erkennbar, dass die ÖKO-Betriebe eine bessere vereinfachte Humusbilanz als die konventionellen Betriebe aufweisen. Im Vergleich zur Situation ohne Förderung (Netto des gewichteten Mittelwertes, letzte Spalte) resultiert bei den Betrieben mit ÖKO-Förderung eine Festlegung bzw. eine Einsparung von Kohlenstoff von ca. 356 Humusäquivalenten/ha*a im Jahr 2022. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Gesamtsumme der Humusreproduktionsleistung und die Differenzen der Summen den Mehrwert des ökologischen Landbaus gegenüber der konventionellen Bewirtschaftung abbildet (Situation in NI/HB). Die Humussalden der gewichteten Mittelwerte in den ÖKO-Betrieben 2022 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 und der Humusabbau durch die Humuszufuhr, im Mittel der betrachteten Betriebe, ausgeglichen wird (vgl. Tabelle 3b, VDLUFA, 2014). Bei den konventionellen Betrieben hingegen sind die Humussalden 2022 basierend auf der VDLUFA Einstufung als „sehr niedrig" zu bewerten, was eine ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung mit sich bringen kann. Hier ist entsprechend der Empfehlungen der VDLUF eine Änderung der Fruchtartenwahl und/oder eine Erhöhung der Zufuhr organischer Dünger erfolgen (vgl. Tabelle 3a, VDLUFA, 2014).

Bei der Verknüpfung der Betriebe von 2016 und 2022, welche dieselbe Betriebsnummer in beiden Jahren hatten, konnten Entwicklungen auf Einzelbetriebsebene betrachtet sowie Vergleiche (DiD) für den Einstieg oder auch Ausstieg[8] in den Ökolandbau angestellt werden. Werden die Betriebe betrachtet, welche in den ökologischen

[8] Da die Anzahl der aus dem ökologischen Landbau aussteigenden Betriebe mit elf zu wenig waren, um statistische Aussagen zu tätigen, wurden diese nicht weiter betrachtet.

Landbau eingestiegen sind (2016 keine ÖKO-Förderung und 2022 ÖKO-Förderung) ist ersichtlich, dass die vereinfachte Humusbilanz vom Negativen (humuszehrend) ins Positive (humusmehrend) gewechselt ist, was auch auf Ebene der Einzelbetriebe (Mittelwerte) zu sehen ist (vgl. Abbildung 4). Die Summe der bewirtschafteten Ackerfläche ist bei den ÖKO-Betrieben zwischen den beiden Jahren stärker angestiegen (plus 13 %) als bei den konventionellen Betrieben (plus 3 %). Mit dieser deutlichen Veränderung der Humussalden war der Effekt der Umstellung auf den ökologischen Landbau mit der tendenziell stärker humusmehrenden Bewirtschaftung gut zu erkennen. Dies war äquivalent zur beschriebenen Situation der separat betrachteten Wirtschaftsgruppen. Bei den konventionellen Betrieben zeigte die vereinfachte Humusbilanz im flächengewichteten Mittelwert, dass der Anbau der Kulturen auf den Flächen 2022 etwas stärker humuszehrender war als 2016.

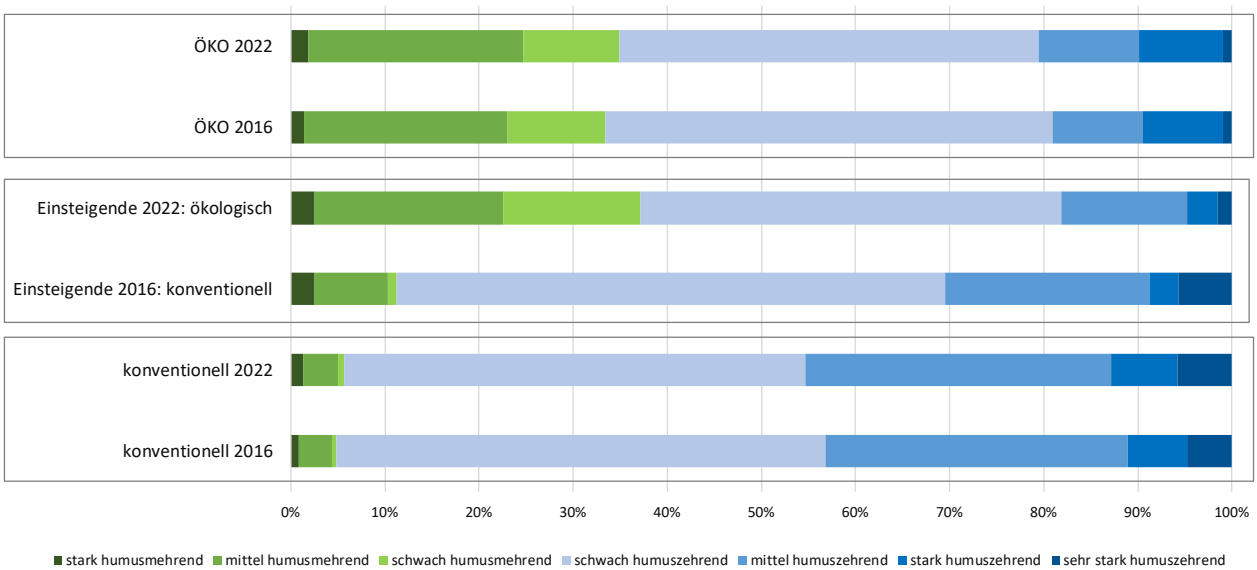
Abbildung 4: DiD-Vergleich, vereinfachte Humusbilanzen (Mittelwerte) der Betriebe nach Bewirtschaftungsart für die Jahre 2016 und 2022



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2016, 2022) und VDLUFA-Werten (2014) sowie Werten aus Poeplau und Don (2015) und Kolbe und Zimmer (2015).

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 5).

Abbildung 5: Verteilung der Fruchtarten der betrachteten Betriebe 2016 (vor Einstieg in die Förderung) und 2022, aufgeteilt nach Humusgruppen sowie mit und ohne ÖKO



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der InVeKoS-Daten (2016, 2022).

Die konventionellen Betriebe zeichnen sich durch den Anbau größtenteils humuszehrender Kulturen aus (ca. 95 % im Jahr 2016, ca. 94 % im Jahr 2022). Bei den Einsteigenden zeigt sich vor dem Umstieg 2016 ein deutlich größerer Anteil humuszehrender Fruchtarten als im Jahr 2022. Bei dem Einstieg in den Ökolandbau wurde der Anteil humuszehrender Gruppen (v. a. der Gruppe schwach und mittel humuszehrend) reduziert. Dazu gehören verschiedene Fruchtarten wie Getreide, Öl- und Faserpflanzen und Mais. Aber auch der Anteil der sehr starken Humuszehrer wurde verringert, wozu die Hackfrüchte zählen. Erhöht wurde hingegen der Anbau von schwach und 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 zum humusmehrenden (144 Häq/ha*a im Jahr 2022) (vgl. Abbildung 4).

5.4.1.6 Fazit: Beitrag zum Schutz vor Wassererosion

Die Flächenmaßnahmen, welche einen Beitrag zur Reduzierung der Wassererosion leisten, wurden mit ihrer erreichten Ackerfläche nach Erosionsgefährdungsstufe eingeteilt (vgl. Tabelle 30). Die Flächen der Vorhabenart BS9 wurde nur in die Kulisse eingeordnet. Eine weitere Quantifizierung des vermiedenen Bodenabtrags erfolgt bei den Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz nicht, da es keine Flächenmaßnahme im eigentlichen Sinne ist und die Art der Bodenbedeckung keinen C-Faktor zuordnen lässt. Beim ökologischen Landbau wurden nur die Ackerflächen herangezogen.

Tabelle 30: Geförderte Ackerfläche der Maßnahmen ohne programmiertes SPB 4C-Ziel nach Erosionsgefährdungsgrad

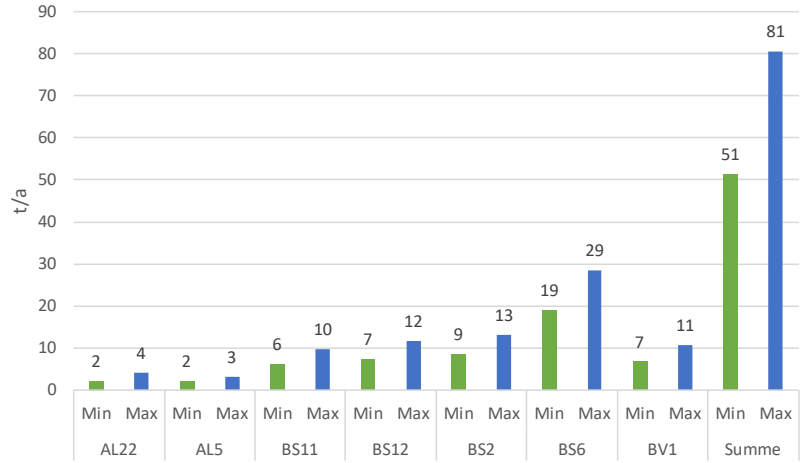
		Fläche E_{nat}-Kulisse	Förderfläche in E_{nat}-Kulisse [ha]							Summe	Anteil an E_{nat}-Kulisse
		[ha]	AL22	AL5	BS11	BS12	BS2	BS6	BV1		[%]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**	2.628.692	36.450	12.403	12.757	7.783	1.653	3.016	59.559	133.621	5,1
davon	davon										
$CC_{Wasser}0$	$E_{nat}0$	1.537.131	19.057	7.733	5.636	3.043	669	261	24.976	61.621	4,0
	$E_{nat}1$	569.670	12.679	3.282	3.339	2.033	392	435	14.749	37.060	6,5
	$E_{nat}2$	171.480	3.450	827	1.519	1.027	157	338	6.393	13.772	8,0
	$E_{nat}3$	70.927	628	192	451	316	78	297	2.849	4.836	6,8
	$E_{nat}4$	120.771	434	200	627	444	115	578	4.162	6.598	5,4
$CC_{Wasser}1$	$E_{nat}5.1$	95.282	164	144	629	521	130	659	3.740	5.986	6,3
$CC_{Wasser}2$	$E_{nat}5.2$	63.430	39	25	556	398	114	449	2.690	4.272	6,7
Auswertungsjahr (InVeKoS)		2022	2020	2017	2021	2021	2021	2020	2022		

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2020 bis 2022) und LBEG-Daten (2017, 2020 bis 2022).

Aus den Daten konnte abgeleitet werden, dass neben dem ökologischen Landbau vor allem bestimmte Blüh- und Schonstreifen (BS11, BS12, BS6) durch eine Lage in den stärker erosionsgefährdeten Kulissen (ab $E_{nat}3$-Kulisse) geprägt sind. In den $CC_{Wasser}1$- und $CC_{Wasser}2$-Kulissen konnte durch die Förderflächen der betrachteten Flächenmaßnahmen insgesamt 13 % der Fläche erreicht werden. Dabei wurde der Großteil neben dem ökologischen Landbau durch die einjährigen Blühstreifen und den mehrjährigen Schonstreifen für den Rotmilan erreicht.

Basierend auf den Angaben aus Tabelle 30 und der Methodik von Kapitel 4 wurden folgende potenziell vermiedene Bodenabträge (Min und Max) berechnet (vgl. Abbildung 6 und Tabelle 31).

Abbildung 6: Vermiedene Bodenabträge (Min und Max) der Maßnahmen pro Hektar



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Angaben aus InVeKoS (2020 bis 2022) und LBEG (2020 bis 2022).

Tabelle 31: Potenziell vermiedener Bodenabtrag durch die Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel

CC-Klasse, E_{nat} Stufen	Vermiedener Bodenabtrag [t/a]														Summe [t/a]	
	AL22		AL5		BS11		BS12		BS2		BS6		BV1			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Gesamt	**66.912**	**146.405**	**19.270**	**37.837**	**77.672**	**124.619**	**55.971**	**89.518**	**14.085**	**21.563**	**56.864**	**86.061**	**394.791**	**634.151**	**685.565**	**1.140.154**
davon																
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 0	18.395		5.737		5.426		2.929		644		251		22.875		**56.258**	
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 1	12.362	61.688	2.460	12.277	3.247	16.202	1.977	9.865	381	1.902	423	2.112	13.258	66.160	**34.109**	**170.205**
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 2	16.818	33.601	3.097	6.188	7.385	14.756	4.996	9.982	762	1.522	1.643	3.283	28.917	57.776	**63.618**	**127.108**
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 3	6.121	9.175	1.443	2.163	4.390	6.580	3.070	4.601	755	1.132	2.885	4.325	26.347	39.494	**45.011**	**67.471**
$CC_{Wasser}0$, E_{nat} 4	6.345	12.685	2.249	4.496	9.148	18.290	6.480	12.956	1.673	3.345	8.425	16.845	57.115	114.191	**91.435**	**182.808**
$CC_{Wasser}1$, E_{nat} 5.1	4.789	8.778	3.233	5.925	18.353	33.642	15.205	27.871	3.779	6.927	19.219	35.228	104.893	192.268	**169.471**	**310.640**
$CC_{Wasser}2$, E_{nat} 5.2		2.083		1.051		29.722		21.314		6.090		24.017		141.387		**225.664**

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Angaben aus InVeKoS (2020 bis 2022) und LBEG (2020 bis 2022).

In der Summe konnten zwischen knapp 690.000 t bis maximal über 1,1 Mio. Tonnen Bodenabtrag potenziell vermieden werden. Zu erkennen ist, dass die höchsten vermiedenen Bodenabträge beim ökologischen Landbau auftraten. Dies ist mit der damit verbundenen großen Förderfläche zu begründen. Auch AL22 zeichnete sich durch einen hohen vermiedenen Bodenabtrag aus, ebenfalls aufgrund des Förderflächenumfangs. Die Verweilzeiten der hohen Bodenbedeckung sind dabei allerdings nur temporär. Um die Maßnahmen untereinander weitergehend zu vergleichen, wurden die Abtragswerte pro Hektar der minimal und maximal vermiedenen Bodenabträge berechnet (Abbildung 6). Am höchsten war auch hier Reduzierung pro Hektar bei der Vorhabenart Schonstreifen für den Rotmilan (BS6). Zum einen weisen die Flächen einen geringen C-Faktor auf. Zum anderen lag ein Großteil (56 % der Förderfläche) in den Gebieten mit einer Erosionsgefährdung ab $E_{nat}3$ und größer. Auch bei den anderen Streifenmaßnahmen (BS) waren die vermiedenen Bodenabträge vergleichsweise hoch, aufgrund des großen Anteils an langjährigen grasnarbenbildenden Kulturen, welche einen sehr niedrigen C-Faktor aufweisen. Bei AL5 bildete sich aufgrund des Maisanbaus ein höherer C-Faktor aus. Mais als erosionsgefährdete Kultur und mit einer geringen Bodenbedeckung wies somit eine der geringsten vermiedenen Bodenabträge auf. Auch der Anbau winterharter Zwischenfrüchte und Untersaaten wies aufgrund des geringen Anteils in der erosionsgefährdeten Kulisse vergleichsweise sehr geringe Einsparungen an Bodenabtrag auf.

5.4.1.7 Fazit: Beitrag zum Schutz vor Winderosion

In Tabelle 32 wurden die Maßnahmen und deren Flächen nur einmal aufgeführt; der Beitrag hingegen wurde bei beiden Wirkungsfaktoren (Wasser- und Winderosionsschutz) angerechnet.

Tabelle 32: Einordnung der Förderflächen und der erweiterten Flächen in die Winderosionskulisse

				Förderfläche in Enat-Kulisse										
		Bezeichung Erosions-gefährdung	Fläche E_{nat}-Kulisse	AL22	AL5	BS11	BS12	BS2	BS6	BS9	BS9 erweiterte Wirkfläche	BV1	Summe	Anteil an E_{nat}-Kulisse
			[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]	[%]
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**		2.628.692	36.445	12.422	12.776	7.782	1.653	3.016	0,7	2,1	59.563	74.097	2,8
davon	davon													
	$E_{nat}0$	keine	568.594	2.338	958	4.145	2.961	654	2.122	0,4	-	14.410	27.784	4,9
	$E_{nat}1$	sehr gering	701.160	4.726	1.754	3.337	2.048	408	646	0,3	-	19.980	33.023	4,7
	$E_{nat}2$	gering	347.700	5.478	1.997	1.849	969	180	148	-	-	8.866	19.561	5,6
	$E_{nat}3$	mittel	401.081	8.226	2.922	1.825	993	165	66	-	-	8.658	22.940	5,7
	$E_{nat}4$	hoch	390.202	9.254	3.084	1.142	602	181	12	-	-	5.256	19.610	5,0
CC_{Wind}	**$E_{nat}5$**	**sehr hoch**	**219.955**	**6.458**	**1.688**	**459**	**211**	**64**	**22**	**-**	**-**	**2.394**	**11.339**	**5,2**
Auswertungsjahr (InVeKoS)			2022	2020	2017	2021	2021	2021	2020	2022	2022	2022		

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2020 bis 2022) und LBEG-Daten (2017, 2020 bis 2022).

Die durch die quantifizierbaren Flächenmaßnahmen wurde ein Gebiet von insgesamt ca. 11.300 ha erreicht, was ca. 5 % der CC_{Wind}-Kulisse entsprach. Jeweils weitere 5 % der betrachteten Förderflächen lagen in Regionen mit einer mittleren oder hohen Erosionsgefährdung. Am stärksten wurde die CC_{Wind} Kulisse, sowohl in Bezug auf die absolute als auch prozentuale Förderfläche, durch den Zwischenfruchtanbau (18 % in Bezug zur AL22 Förderfläche bzw. 2,9 % in Bezug auf die Gesamtkulisse) und den ökologischen Landbau BV1 (4 % bzw. 0,4 %) erreicht, da sie als Flächenmaßnahmen nicht durch Größenbeschränkungen, wie z. B. Maximalbreiten, eingeschränkt sind (vgl. Tabelle 33).

Tabelle 33: Einordnung der Anteile der Förderflächen und der erweiterten Flächen in die Winderosionskulisse

				Anteil an der gesamten Enat-Kulisse							
		Bezeichung Erosions-gefährdung	Fläche E_{nat}-Kulisse	AL22	AL5	BS11	BS12	BS2	BS6	BS9	BV1
			[ha]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	%
CC-Kulisse	**E_{nat}-Kulisse**		2.628.692	100	100	100	100	100	100	100	100
davon	davon										
	$E_{nat}0$	keine	568.594	6	8	32	38	40	70	56	24
	$E_{nat}1$	sehr gering	701.160	13	14	26	26	25	21	44	34
	$E_{nat}2$	gering	347.700	15	16	14	12	11	5	0	15
	$E_{nat}3$	mittel	401.081	23	24	14	13	10	2	0	15
	$E_{nat}4$	hoch	390.202	25	25	9	8	11	0	0	9
CC_{Wind}	**$E_{nat}5$**	**sehr hoch**	**219.955**	**18**	**14**	**4**	**3**	**4**	**1**	**0**	**4**
Auswertungsjahr (InVeKoS)			2022	2020	2021	2021	2021	2021	2020	2022	2022

Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von InVeKoS-Daten (2017, 2020 bis 2022) und LBEG-Daten (2017, 2020 bis 2022).

5.4.1.8 Fazit: Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Die Methode der Maßnahmen mit programmierten Bodenschutzzielen (siehe Kapitel 5.3.3) wird auf die Maßnahmen ohne programmiertes Ziel übertragen und die Ergebnisse sind in Tabelle 34 dargelegt.

Tabelle 34: Humusreproduktionswerte der Maßnahmen ohne programmiertes Bodenschutzziel

ELER-Code	Kürzel	Maßnahme	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Wert aus der Literaturrecherche [kg Corg/ha*a]	Quelle	erreichte Fläche [ha]	gespeicherte Menge Kohlenstoff im Boden [t C_{org}/a]
10.1	AL22	M 10	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	320	Poeplau und Don, 2015	36.445 [1)]	11.662
10.1	BS11	M 10	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	550	BLE, 2022	12.776 [2)]	7.027
10.1	BS12	M 10	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	550	BLE, 2022	7.782 [2)]	4.280
10.1	BS2	M 10	Mehrjährige Blühstreifen	700	BLE, 2022	1.653 [2)]	1.157
10.1	BS6	M 10	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	700	BLE, 2022	3.016 [1)]	2.111
10.1	BS9	M 10	Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz	900	Drexler et al., 2021	0,8 [3)]	1
Summe						**61.672**	**26.238**
11.1/2	BV1	M 11	Ökologischer Landbau	Berechnung der Veränderung der vereinfachten Humusbilanz im Vgl. zur Situation ohne Förderung	VDLUFA, 2014	59.559 [3)]	-

1) Wert zeigt den Höchstand im Jahr 2020 (InVeKoS, inkl. ÖVF-ZWF-Anbau)
2) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2021 (InVeKoS)
3) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2022, BV 1: nur Ackerflächen (InVeKoS)

Quelle: Nach VDLUFA (2014) mit InVeKoS-Daten (2020 bis 2022).

Durch die Maßnahmen konnte auf einer Fläche von rund 61.700 ha (ohne die Fläche des ökologischen Landbaus) eine Menge von ca. 26.200 t Humus in Form von C_{org} eingetragen werden. Der Großteil der Wirkung ist auf den Zwischenfruchtanbau (AL22) zurückzuführen, welcher 44 % der Humusmenge bzw. 59 % der betrachteten Förderfläche einnahm. Die Heckenanlage hat zwar den höchsten Kohlenstoffeintrag pro Hektar, jedoch wurde die Förderung in einem sehr geringen Umfang in Anspruch genommen, weshalb der Gesamteffekt dieser Vorhabenart im Vergleich der anderen mit Abstand am geringsten ist. Prinzipiell gelten auch hier die allgemeinen Punkte zum geogenen C_{org}-Gehalt im Boden und die Berücksichtigung der Verweilzeiten der Bodenbedeckung wie in Kapitel 5.3.3 erläutert.

5.4.2 Investive Maßnahmen, Beratungs- und Kooperationsmaßnahmen

5.4.2.1 Einzelbetriebliche Beratung (EB)

Die einzelbetriebliche Beratung enthielt im zweiten Call ab 2019 bis 2021 auch bodenbezogene Themen (Themen 1, 2, 5, 9, 10). Betrachtungsgegenstand waren die Beratungsdaten des Zeitraums vom 1. Januar 2019 bis zum 30. April 2021. Weitere Ausführungen zum Aufbau der Förderung und zur Umsetzung der Beratungen durch die Beratungsanbieter sind dem Bericht von Eberhardt (2021) zu entnehmen.

Kombiniert wurden diese Beratungsdaten mit den InVeKoS-Daten für die AUKM mit C_{org}-Bezug und die Daten für den ökologischen Landbau. Diese Daten reichten bis einschließlich 2022, um den Beratungseffekt auch des letzten Jahres 2021 mit abbilden zu können. Es wird davon ausgegangen, dass eine Beratung bis zum 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 2019 bis 30. April 2021 rund 2.087 Beratungen zu bodenbezogenen Themen durchgeführt. So wurden insgesamt 30.600 Beratungsstunden mit ca. 1,99 Mio. Euro Zuwendungen finanziert. Damit wurden 1.630 Betriebe erreicht. Circa 23 % der Betriebe erhielten in dem Zeitraum mehr als eine Beratung. Dabei gab es verschiedene Kombinationsmöglichkeiten: Beratungen zu mehreren bodenbezogenen Themen, mehrmals zu einem Thema oder eine Kombination von beidem. Von den bodenbezogenen Themen wurden zum Thema 9 Beratung nachhaltiger Pflanzenbau/Gartenbau u. a. humusschonende Fruchtfolgen die meisten Beratungen (1.337 Stück, entsprach 64 % der gesamten Beratungen) durchgeführt. Damit wurden 1.077 Betriebe erreicht. Das Thema 2 Beratung zur Verbesserung der Artenvielfalt/Biodiversität wurde dagegen von knapp der Hälfte der Betriebe (50 %) in Anspruch genommen. Für das Thema 10 Klimaberatung auf kohlenstoffreichen Böden und zu Torfersatzstoffen in der gärtnerischen Produktion erfolgte hingegen eine Beratung im gesamten Zeitraum und wird aufgrund der geringen Anzahl und damit statistischen Aussagekraft nicht weiter betrachtet. Die meisten Beratungen (1.074) wurden im Zeitraum vom 1. Mai 2019 bis 30. April 2020 durchgeführt, wovon insgesamt letztendlich 976 Betriebe erreicht wurden. Am häufigsten erfolgten in diesem Zeitraum Beratungen zum Thema 9 (703 Stück). Um den Mehrwert der Beratungen für die beiden bodenbezogenen Bewertungskriterien abzuschätzen, wurden diese Betriebe näher betrachtet. Von den 976 Betrieben erhielten 98 mehrere Beratungen, welche bei der späteren Flächenanalyse der AUKM und des ökologischen Landbaus beachtet wurden, sodass keine Doppelzählungen stattfanden. Davon nahmen in den Jahren vor der Beratung (2019 und 2020) bereits 128 Betriebe an AUKM und 20 Betriebe am ökologischen Landbau teil (vgl. Tabelle 35). Nach der Beratung stiegen in den beiden Folgejahren jeweils 16 Betriebe in AUKM und weitere zehn (2021) bzw. 16 (2022) in den ökologischen Landbau ein. Die durchschnittlich geförderte AUKM- und ÖKO-Fläche lag jedoch deutlich unter den mittleren Flächenangaben der Betriebe, die zuvor bereits Förderungen erhielten.

Tabelle 35: Betriebe mit und ohne AUKM und ÖKO sowie mit und ohne bodenbezogener Beratung

	Anzahl [n]	**Summe AUKM Fläche** [ha]	**AUKM Fläche pro Betrieb** [ha]	**Summe ÖKO Fläche** [ha]	**ÖKO Fläche pro Betriebe** [ha]
Betriebe mit Beratung	976				
Vor der Beratung					
...mit Corg AUKM Förderung 2019 und 2020	128	1.862,4	14,6	-	-
...mit ÖKO Förderung 2019 und 2020	20	-	-	2.040,0	102,0
...ohne Corg AUKM Förderung 2019 und 2020	780	0	0	-	-
...ohne ÖKO Förderung 2019 und 2020	933	-	-	0	0
Davon: Nach der Beratung					
...mit Corg AUKM Förderung im Jahr 2021	16	105,5	6,6	-	-
...mit Corg AUKM Förderung im Jahr 2022	16	103,2	6,4	-	-
...mit ÖKO Förderung im Jahr 2021	10	-	-	832,6	83,3
...mit ÖKO Förderung im Jahr 2022	16	-	-	1.043,2	65,2
Betriebe ohne Beratung	11.140				
...mit Corg AUKM Förderung 2021	183	1.807,5	9,9	-	-
...mit Corg AUKM Förderung 2022	169	1.604,2	9,5	-	-
...mit ÖKO Förderung 2021	243	-	-	28.584,2	117,6
...mit ÖKO Förderung 2022	235	-	-	28.498,5	121,3

Quelle: InVeKoS-Daten (2019 bis 2022), Daten der einzelbetrieblichen Beratung (Daten von Eberhardt (2021) von vier abgeschlossenen Bewilligungszeiträumen bis Ende 2021).

Demzufolge kann für das beratungsstärkste Jahr nur bestätigt werden, dass die Teilnahme an bodenbezogenen Beratungen der einzelbetrieblichen Beratung zu geringen Einstiegszahlen der Betriebe und einer leicht erhöhten Förderfläche in den Folgejahren geführt hat. Trotzdem ist ein Beitrag zur Wissenssteigerung anzunehmen und die teilnehmenden Personen wurden zu den wichtigen Themen sensibilisiert. Zudem ist zur Aussagekraft der Wirkung auch zu bedenken, dass der Großteil der Betriebe (Anzahl 640, ca. 66 % der Betriebe) bereits eine Beratung vor 2016 erhielt, zum Teil einige Jahrzehnte zurück, was verdeutlich, dass bei den Betrieben kein „Neuigkeitseffekt“ durch die Beratung abgebildet werden kann. Des Weiteren gilt es zu beachten, dass eine Beratung auch nicht die einzige Grundlage zur Entscheidung der Teilnahme an einer AUKM oder dem ökologischen Landbau darstellt, sondern auch die betriebswirtschaftliche Situation, die private/individuelle Einstellung und der Austausch mit anderen Landwirt:innen eine Rolle spielen (Naaf et al., 2025). Auch gibt es bei diesem Vergleich keine echte Ohne-Gruppe, da der Großteil zuvor schon eine Beratung erhielt oder auch Beratungen außerhalb der EB. 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.

5.4.2.2 Flurbereinigung (Flur)

Ein ausführlicher Bericht zur Förderung der Flurbereinigung findet sich bei Bathke (2025b). Im Rahmen der Gesamtvorhaben zur Flurbereinigung wurden von den 875 geförderten Vorhaben (bis 2024) auch einige Flächen zur Verfügung gestellt, auf denen wiederum neue Biotopstrukturen wie Hecken oder Grünstreifen eingebracht wurden. Die Umsetzung von Maßnahmen auf den bereitgestellten Flächen läuft über die anhänglichen Bodenordnungsverfahren, wofür ausschließlich nationale Mittel Verwendung fanden (ca. 31 % der gesamten Fördersumme). Der Wirkungsbeitrag der Flurbereinigung ist insgesamt damit als indirekt einzustufen, jedoch wichtig, da viele Vorhaben ohne die Flurbereinigung nicht zustande kommen (Bathke, 2025b).

In erosionsgefährdeten Bereichen können durch die Bodenordnungsverfahren auch Bewirtschaftungsänderungen gesteuert werden (Neugestaltung nach § 37 Flurbereinigungsgesetz), sodass beispielsweise Schlagunterglie derung, das Anlegen von Hecken oder Windschutzpflanzungen als Maßnahmen durchgeführt werden oder auf Einzelflächen in Ausnahmefällen z. B. eine dauerhafte extensive Grünlandnutzung festgeschrieben wird (Richter, 2024). **Positive Wirkungsbeiträge zum Erosionsschutz** (Wasser und Wind) sind durch die eingebrachten Biotopelemente und festgeschriebenen Nutzungsänderungen verbunden. Die Festschreibung hat den Vorteil, dass die Maßnahmen dauerhaft umgesetzt werden und Bestandteil des Kompensationskonzeptes sind. Damit sind die Maßnahmen wiederum Teil der Genehmigung des Plans nach § 41 FlurbG und somit zwingend umzusetzen und basieren nicht auf dem Prinzip der Freiwilligkeit (Richter, 2024; FlurbG). Freiwillig sind die AUKM, welche einen Mindestzeitraum von fünf Jahren aufweisen. Bei mit AUKM geförderten Erosions- und Gewässerschutzstreifen (BS 7) ist allerdings die Wirkdauer kürzer, da nach Ablauf der Förderung nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Flächen umgebrochen werden (keine Lagetreue). Im Rahmen der Flurbereinigung können jedoch auch bestehende Biotopstrukturen entfernt werden, um die Produktions- und Arbeitsbedingungen zu vereinfachen (Ziel der Flurbereinigung, § 1 FlurbG). Demnach kann die Verortung der ersetzten Hecken und Grünstreifen von der vorherigen Position abweichen. Dies kann sich **negativ** auf die Erosionsschutzwirkung auswirken, wenn die Biotopstrukturen nachher in einer weniger hohen E_{nat}-Stufe liegen oder sich in einer weniger wirkungsvollen Position im Feldblock befinden. Die neu angelegten Gewässerschutzstreifen wurden wiederum durch andere Träger finanziert, z. T. mit dem Mittel der Fließgewässerentwicklung (FGE).

Angaben aus dem Bericht von Tietz und Bathke, 2016 sind zu entnehmen, dass die **Bodenerosion** bei 12 von 44 näher untersuchten Verfahrensgebieten zumindest in Teilbereichen ein relevantes Problem darstellte. Jedoch wurde die Bodenerosion in keinem als Verfahrensziel benannt. Diese Daten behalten weiterhin ihre Gültigkeit, da viele Verfahren von der Befragung noch aktiv sind. Weitere Verfahren mit Änderungen der Bearbeitungsrichtung (385 ha) sowie Nutzungsumwandlung (Acker- und Grünland, 34 ha) erfolgte in wenigen weiteren Projekten (ebd.). Für Gewässerrandstreifen wurden Flächen in 134 Verfahren im Rahmen der Flurbereinigung bereitgestellt, was im Mittel ca. 0,3 % der Verfahrensfläche entsprach. Nach Schätzungen der Autoren lag der Anteil jedoch etwas höher bei im Schnitt 0,9 % der Verfahrensflächen, was 12,2 ha pro Verfahrensgebiet bedeutete. Auf den durch die Flurbereinigung bereitgestellten Flächen werden auch ein- und beidseitige Gewässerrandstreifen im Rahmen des Niedersächsischen Fließgewässerprogramms umgesetzt. Die Anzahl liegt zwischen 16 und 24 von 44 ausgewählten Verfahrensgebieten (Tietz und Bathke, 2016). Neuere Auswertungen von Bathke, 2024 zeigen zwei Verfahrensgebiete mit einem Schwerpunkt auf Einrichtung von Gewässerrandstreifen auf, bei denen z. B. im Rahmen einer Renaturierung mindestens zehn Meter breite Gewässerrandstreifen angelegt werden. Einordnungen der eingebrachten Biotopelemente und Nutzungsänderungen zu den Positionen in den erosionsgefährdeten Kulissen lagen nicht vor, weshalb keine Quantifizierung vorgenommen werden konnte.

In Bezug auf den **Winderosionsschutz** liegt der Unterschied darin, dass neben der Bodenbedeckung (Grünstreifen) besonders die Neuanlage von Hecken oder Baumreihen durch die Senkung der Windgeschwindigkeit einen Schutz leisten kann (Duttmann et al., 2011).

Die Angaben zum Beitrag von Gewässerrandstreifen zur Kohlenstoffspeicherung sind dem Kapitel 5.3.3 zu entnehmen. In den 44 untersuchten Verfahrensgebieten wurden im Schnitt 0,31 km linienhafte Gehölzstrukturen (u. a. Hecken und Baumreihen) und 1,3 ha an flächenhaften Biotopstrukturen bereitgestellt (Bathke und Tietz, 2016). Das stellt die als gering einzustufende Bedeutung dieser Maßnahme für die **Kohlstoffspeicherung im Boden** dar. Eine genauere Auswertung und auch Quantifizierung in Hinblick auf den Kohlenstoffeintrag in den Boden wurde nicht vorgenommen, da für die aktuell betrachtete FP 2014 bis 2022 keine konkreten Daten vorlagen.

Insgesamt ließ sich aus den Angaben ableiten, dass die Effekte des Wasser- und Winderosionsschutzes sowie zur Kohlenstoffspeicherung im Boden im Rahmen der Flurbereinigung eher eine untergeordnete Rolle spielte und

die Wirkungen als indirekt gering positiv einzustufen sind. Allerdings sind die eingebrachten Strukturen als dauerhafte Strukturen konzipiert, weswegen die angenommene lagetreue Verweil- und Wirkungsdauer deutlich länger als die der AUKM sind.

5.4.2.3 Spezieller Arten- und Biotopschutz (SAB)

Die 47 Vorhaben, welche im Rahmen dieser Maßnahmen umgesetzt wurden, leisten aufgrund der Biodiversitätszielsetzung einen geringen Beitrag zur **Erosionsverminderung** (vgl. Tabelle 15). Es gibt wenige bodenschutzrelevante Informationen zu den durchgeführten Vorhaben. Von den Vorhaben wurde nur eines identifiziert, welches einen Bezug zu den betrachteten Wirkungsfaktoren beitragen konnte. Gefördert wurde eine Heckenneuanlage mit dem Ziel der Aufwertung strukturarmer Flächen und Erschließung neuer Reviere verschiedener Vogelarten. Die neu gepflanzten Hecken(blöcke) (je 24 m lang, insgesamt 288 m, verteilt auf einer Länge von 560 m und 166 m, wechselseitig an Wegen) lagen in der Wassererosionskulisse $E_{nat}0$ „keine Erosionsgefährdung“, was verdeutlicht, dass die Verortung nur zufällig auch Wassererosionswirkung entfalten kann (LK Lüchow-Dannenberg, 2023). Somit wurde der Wirkfaktor der Bodenbedeckung durch die Hecke bedient, nicht jedoch der Wirkfaktor der Reduzierung der erosiven Hanglänge.

Die geförderten Hecken lagen in der Winderosionskulisse $E_{nat}1$, $E_{nat}3$ und $E_{nat}4$, wobei die letzte Kategorie einer hohen Erosionsgefährdung entspricht (LK Lüchow-Dannenberg, 2023). Mit diesen Ausführungen ist auch wie bei der Wassererosion erkennbar, dass die Beiträge zum **Winderosionsschutz** nur vereinzelt entstanden und nicht gezielt geplant wurden.

Ein Beitrag zur **Kohlenstoffspeicherung im Boden** wird mit den neuen Hecken des Vorhabens ebenfalls geleistet (Drexler et al., 2021; Thiel et al., 2015; Flessa et al., 2018). Nach Angaben von Drexler et al. (2021) liegt der Beitrag der SOC Sequestrierung von Hecken auf Ackerland bei ca. 0,9 t C_{org}/ha (bei einer zwanzigjährigen Betrachtungszeit).

Insgesamt ist die Wirkung dieser Maßnahme aufgrund der geringen Anzahl der Heckeneinbringung als gering positiv zu bewerten.

5.4.2.4 Fließgewässerentwicklung (FGE)

In der folgenden Bewertung wird auf die Angaben aus dem Evaluationsbericht von Bathke (2024) zurückgegriffen. Von den insgesamt 170 Projekten der Fließgewässerentwicklung (vgl. Tabelle 15) wurden nach den Angaben von Bathke (2024) 7 Projekte mit einem Schwerpunkt in der Neueinrichtung von Gewässerrandstreifen identifiziert. Sie nahmen ca. 5,6 % der Gesamtinvestitionen ein. Der Autor gab an, dass der Anteil jedoch unterschätzt wurde und schätzte einen Anteil von 10 %. Basierend auf Auswertungen der letzten FP 2007 bis 2013 wurde zudem die Länge der umgesetzten Gewässerrandstreifen auf ca. 50 km geschätzt. Informationen zur räumlichen Verortung der Gewässerrandstreifen lagen nicht vor, weshalb keine Aussagen zur **Erosionsschutzwirkung** im Hinblick auf die Quantifizierung getätigt werden konnten. Um größere Flächen als Randstreifen an die Gewässer legen zu können, wurde bei der Fließgewässerentwicklung häufig das Instrument der Flurbereinigung genutzt (siehe dazu Ausführungen oben). Somit konnten diese Gewässerrandstreifen häufig erst durch die Flurbereinigung umgesetzt und auf Ackerflächen verortet werden. Prinzipiell wirken die Gewässerrandstreifen der Fließgewässerentwicklung wie die Gewässerschutzstreifen (BS72), weshalb die Beschreibung der Wirkungsweise dem Kapitel 5.3.1 zu entnehmen ist. Die Wirkdauer ist jedoch bei den Gewässerrandstreifen der Fließgewässerentwicklung deutlich länger (ca. 20 bis 25 Jahre), da sie mit einer Zweckbindungsfrist belegt sind. Der positive Beitrag dieser Maßnahme zum Wassererosionsschutz ist damit als mittelstark einzustufen, da Gewässerrandstreifen sehr wirkungsvoll sind und lange verbleiben.

Die Wirkung der Gewässerrandstreifen ähneln denen der Gewässerschutzstreifen (BS72), weshalb die Ausführungen des Kapitels 5.3.2 auch hier gelten. Der Unterschied liegt jedoch bei der Dauer der angelegten Streifen. Die aus der AUKM BS72 sind auf die Förderdauer (i. d. R. fünf Jahre) begrenzt. Bei der Fließgewässerentwicklung, welche häufig über die Flurbereinigung Flächen zur Verfügung gestellt bekommt, ist die Dauer als langfristig einzustufen, da dem Verfahren ein Flächenerwerb zugrunde liegt. Die Wirkungsfaktoren des Winderosionsschutzes werden nicht vollständig bedient, da bei den Gewässerrandstreifen weder die Lage quer zur Hauptwindrichtung noch eine Verortung in den winderosionsgefährdeten Kulissen vorgegeben sind. Demnach ist die Wirkung zum Winderosionsschutz als gering positiv einzustufen.

Die Gewässerrandstreifen der Fließgewässerentwicklung wurden zum Teil auf Ackerland angelegt, welches dann zu Grünland umgewandelt wurde (Bathke, 2024). Besonders die Neuanlage von Grünland ist aus Sicht der **Kohlenstoffspeicherung im Boden** sehr wirkungsvoll, da dadurch langfristig ein mittlerer C_{org}-Aufbau ca. 600 kg C/ha*a angenommen werden kann (VDLUFA, 2014). Im Gegensatz zu der AUKM BS72, mit einer auf die Förderzeit begrenzten Wirkungsdauer, ist die Wirkung als hoch einzustufen.

5.4.2.5 Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften (EELA-V)

Nach Angaben aus dem Bericht von Bathke (2025a) wurden durch EELA-V in zwei Gebieten (Ostfriesland, Oldenburg) auf einer Länge von 220 km Wallheckenpflege und -erneuerung in der FP 2014 bis 2022 umgesetzt. Dies basiert auf zwei Projekten, welche ca. 14 % der EU-Mittel der Maßnahme erhalten haben. Dies war der zweitgrößte Anteil des Budgets, im Vergleich zu den anderen geförderten Projektthemen (Bathke, 2025a). Der Windschutz im Leebereich der Wallhecken sorgt dafür, dass die Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche gesenkt wird, was sich positiv auf den **Winderosionsschutz** auswirkt. Da durch die Förderung bei den Wallhecken nur eine Pflege und teilweise Erneuerung vorgenommen wird, ist damit keine Verkürzung der Feldlänge verbunden (wie bei einer Neuanlage). Ursprünglich wurden die Wallhecken im 18. Jahrhundert zur Verkoppelung und zum Schutz des Weideviehs angelegt und unterscheiden sich demnach von gezielt zur Windbremsung angelegten Windschutzhecken. Wallhecken sind dichter und die Pufferzone im Leebereich ist schmaler als bei den Windschutzhecken (Duttmann et al., 2011). Demnach ist die Wirkung etwas geringer einzustufen als die geförderten, gezielt angelegten Winderosionshecken.

Mit der Umsetzung der Wallheckenpflege und -erneuerung wird kein zusätzlicher Kohlenstoff in den Boden eingetragen, sondern nur die dauerhafte Akkumulation (unabhängig von den Schwankungen aufgrund des auf den Stock Setzens) unter der bestehenden Wallhecke aufrechterhalten. Für eine Klimaschutzwirkung müssen neue/zusätzliche Hecken angelegt werden. Allerdings ist die Pflege und Sicherung der Wallhecken zuträglich für die Permanenz, welche bei diesen Strukturen in Form von Pflege von größter Wichtigkeit für die Klimawirkung ist (Drexler, 2023, 2021). Die Festlegungsrate kann bei alten Hecken auf ca. 900 kg C_{org}/ha*a gesetzt werden (basierend auf Modellen mit 20-jähriger Laufzeit) (Drexler et al., 2021). Demnach ist die Wirkung aus Bodenschutzsicht als gering positiv einzustufen.

5.4.2.6 Europäische Innovationspartnerschaften (EIP-Agri)

In der Förderperiode bis 2022 gab es in Niedersachsen und Bremen für die Fördermaßnahmen EIP-Agri fünf Calls mit insgesamt 64 geförderten Vorhaben. Die 64 EIP-Vorhaben wurden von der Deutschen Vernetzungsstelle Ländliche Räume (DVS), als bundesweiter Informations- und Ansprechpartner für EIP-Projekte, thematisch klassifiziert (DVS, 2024). Für den Bodenschutz sind aus den aufgeführten Themenbereichen mehrere relevant: Ackerbau (20), Boden-/ Wasserschutz (15), Bodenfruchtbarkeit und N-Effizienz (9), Leguminosen (1) und Gehölze/Sträucher (3) wobei Mehrfachzuweisungen möglich waren. Bei neun von diesen EIP-Agri-Vorhaben wurde durch ein Screening der Abschlussberichte und/oder Merkblätter ein Bezug zu den konkreten

Bewertungskriterien (Wassererosionsschutz, Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden) identifiziert (vgl. Tabelle 36).

Tabelle 36: Merkmale der ausgewählten bodenschutzrelevanten EIP-Agri-Vorhaben

Call	Vorhabens-nummer	Vorhaben/Projekttitel	Wirkungsart	Bodenbezogene Wirkungspfade
1	6	Anbau von Raps mit Begleitpflanzen im Ackerbausystem Einzelkornsaat und Weiter Reihe	x	Die frühzeitige und vollständige Bodenbedeckung sowie eine intensivere Durchwurzelung schützen den Boden vor Erosion
	9	AMF Agri – Verfahrenstechnik zur nachhaltigen Anwendung von mykorrhizierten Bodenhilfsstoffen im Feldanbau	x	besseres Bodenleben, gesteigerte Nährstoffverfügbarkeit und erhöhte Trockentoleranz
	12	ALVO-Tech-Transfer – Wissenstransfer und Technologieentwicklung und -anpassung im Erwerbsobstanbau im Sondergebiet des Alten Landes	x	Wenn die Risikominderungsmaßnahmen im Obstanbau in eintragsgefährdeten Bereichen nach Anlage 4 der Pflanzenschutzverordnung Altes Land umgesetzt werden, dazu zählt auch die Einbringung von Hecken -> Schutz vor Bodenerosion (Wasser und Wind)
2	16	Bedarfsgerechte, teilflächenspezifische Anwendung von Mykorrhiza zur Erhöhung der Ertragsstabilität mit hochauflösenden Bodenkartierungstechnologien	x	Steigerung der Bodenstruktur durch gezielten Einsatz von Arbuskuläre Mykorrhizapilzen nach den Ergebnissen der GPS-gesteuerten Bodenstrukturanalyse. Steigerung: Bodenleben, Pflanzengesundheit, Nährstoffaufnahme und somit die Ertragsstabilität
	17	Entwicklung innovativer Strategien zum Glyphosatverzicht im pfluglosen Ackerbau	(x)	Es gibt keine explizite Verbindung zum Bodenschutz. Ziel ist das Glyphosatverzicht im pfluglosen Anbau zu kompensieren. Bodenschutz ist durch weniger Pflugeinsatz möglich
	21	AmmonMind – Mit Zitronensäure gegen Ammoniak im Schweinestall - Erprobung eines Ammoniak-Sorbenten zur Emissionsminderung aus Schweinegülle unter Praxisbedingungen	(x)	Wirkungen für die Bodengesundheit durch Verringerung der Bodenversauerung möglich
3	29	LURUU - Lasereinsatz zur Unkrautregulierung bei resistenten Ungräsern und Unkräutern	x	Innovative Bekäpfungsmethoden gegen resitente Unkräuter mittels Lasertechnik -> Verzicht PSM-Anwendung, Verbesserung der konservierenden Bodenbearbeitung
	41	BioSeed	x	Mit Hilfe von sieben Schlüsseltechnologien (Saatgutbehandlung, Mykorrhizapilze, CO_2-Speicherung, Bakterien u. a.) soll beispielhaft regenerative Landwirtschaft betrieben werden (Maisanbau). Stichworte für den Bodenschutz: Humusanreicherung, Kohlenstoffsequestrierung, Stärkung des Bodenlebens, ganzjährige Begrünung
5	68	Mikroklee und Knöllchenbakterien – Partner im Gartenbau	(x)	Nur indirekt auf die Landwirtschaft bezogen da Bezug auf Baumschulen. Durch den Einsatz von Mikroklee mit Knöllchenbakterien (in Granulatform) kann verstärkt Wasser gebunden, Wildkräuter unterdrückt und Stickstoff im Boden angereichert werden

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.

Im ersten und zweiten Call wurden jeweils drei EIP-Agri-Vorhaben identifiziert, welche einen engeren oder weiteren Bezug zu den Bewertungskriterien (Bodenerosionsschutz, Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung) aufwiesen. Innerhalb des dritten Calls wurden zwei weitere Vorhaben mit Bodenschutzbezug ausgewählt. Im fünften Call gab es ein weiteres Vorhaben mit inhaltlich längeren bodenspezifischen Wirkungsketten. Für diese aufgeführten Innovationsprojekte wurde in der FP bis Ende 2022 eine Summe von ca. 3,49 Mio. Euro öffentliche Mittel ausgezahlt (DVS, 2024).

Thematisch werden die Themen zwischen den Anknüpfungspunkten der Bodengesundheit, wie effizientere organische Düngung, erhöhte Nährstoffverfügbarkeit, geringere Nährstoffausträge, höhere Trockentoleranz oder Verringerung der Bodenversauerung sowie dem Aspekt des Bodenschutzes eingeordnet. Dazu gehören z. B. frühere und gesteigerte Bodenbedeckung, intensivere Durchwurzelung sowie Einbringen von Hecken, welche sich positiv auf den Schutz vor Bodenerosion auswirken. Auch auf die Humusspeicherung im Boden und die Kohlenstoffsequestrierung werden in Vorhaben abgezielt.

Die Wirkung der EIP-Agri ist damit als gering positiv einzustufen. Neun der 64 geförderten Vorhaben setzen an relevante Wirkungsfaktoren der Bewertungskriterien an. Sie können langfristig einen Beitrag zum verbesserten Bodenschutz leisten. Positive Wirkungen für den Bodenschutz können sich allerdings erst zeigen, wenn sich die Innovationen durchsetzen und in der Praxis breite Anwendung finden. Mitnahmeeffekte sind bei den EIP-Projekten weitgehend auszuschließen.

5.5 Kohärenz/Synergie

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

Im Zusammenhang der EPLR-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 PFEIL, 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 eine Kombination von Bildungsmaßnahmen (einzelbetrieblicher Beratung), die vorbereiten und dafür sorgen, dass Flächenmaßnahmen zum Erosionsschutz umgesetzt werden. Oder die Kombination von zwei Flächenmaßnahmen wie z. B. dem Ökolandbau als Basis auf der landwirtschaftlichen Fläche mit der Kombination von flankierenden Heckenmaßnahmen oder Erosionsschutzstreifen.

Die für den Bodenschutz wirksamen Maßnahmen waren in den wenigsten Fällen für die Erosionsvorsorge oder den Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden programmiert (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9), und/oder wurden nicht gezielt auf für den Erosionsschutz relevante Flächen gelenkt (BS2 und AL5). Für die Kohlenstoffspeicherung im Boden ist die Lage nicht direkt relevant. Das Potenzial zum Aufbau kann auf allen Ackerflächen kann überall angerechnet werden. 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 aufzeigen (fehlende interne Kohärenz). Ein Beispiel ist der Maßnahme Spezieller Arten- und Biotopschutz (4.4), bei der es auch zu antagonistischen Wirkungen kommen konnte. So konnte es bei den Projekten zur Umsetzung von Maßnahmen kommen, welche zur Aufwertung der Habitate die Bodenbedeckung reduzierten oder keine bodenschonende Bewirtschaftung umsetzten. Zudem ist im Zusammenhang mit der Erosionsgefährdung der Böden generell ein hoher Humusgehalt anzustreben, da dieser die Strukturstabilität der Bodenaggregate verbessert und damit die Erodierbarkeit der Böden verringert. Mit Blick auf die Biodiversität ist auf den meisten Standorten aber ein eher niedriger Humusgehalt anzustreben, da beispielsweise viele gefährdete Ackerunkräuter nur auf „mageren“ Ackerstandorten erhalten werden können. Auch dies in ein weiteres Beispiel, bei dem offensichtlich naturschutzinterne Zielkonflikte auftreten.

5.6 Gesamtbetrachtung der bodenschutzrelevanten Maßnahmen

Die Wirkung der bodenschutzrelevanten Ackermaßnahmen auf Programmebene wird in Form einer synoptischen Zusammenfassung dargestellt (vgl. Tabelle 37). Dabei werden die beiden Bewertungskriterien „die Teilmaßnahmen tragen zur Kohlenstoffspeicherung von Böden bei“ sowie „die Teilmaßnahmen tragen zu einer Verringerung der bewirtschaftungsbedingten Erosionsgefährdung von Böden bei“ herangezogen und in Form der drei Kurzbezeichnungen in den Spaltenköpfen abgekürzt.

Der erste Abschnitt in Tabelle 37 stellt die Maßnahmen mit SPB 4C-Zielsetzung dar; im zweiten Abschnitt sind die Maßnahmen ohne explizite Bodenschutzzielsetzung aufgeführt.

Tabelle 37: Zusammenfassung der betrachteten bodenschutzrelevanten Maßnahmen

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Ziel-setzung	Output		Wassererosion			Winderosion	Kohlenstoffspeicherung im Boden		Wirkungs-dauer	Mitnahmen
					erreichte Fläche in der CC_{Wasser}-Kulisse [1]	max. vermiedener Bodenabtrag pro Fläche	max. vermiedener Bodenabtrag gesamt	erreichte Fläche in der CC_{Wind}-Kulisse	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden pro Fläche	gespeicherte Menge an Kohlenstoff im Boden gesamt (Summe)		
					[%]	[t/ha]	[t/a]	[%]	[kg C_{org}/ha*a]	[t C_{org}/ha*a]		
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung	P	42.127 [2]	ha	1,4	6,6	216.009	1,0	320	13.481	be	keine
BS71	Erosionsschutzstreifen	P	115 [3]	ha	0,05	31,3	3.581	0	600	69	be	keine
BS72	Gewässerschutzstreifen	P	512 [3]	ha	0,02	5,8	2.968	0,02	600	307	be	keine
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion	P	1,3 [3]	ha		n.q.		0,0004	900	1	dh	keine
Summe (oben)					**1,5**	**43,7**	**222.558**	**1,0**	**2.420**	**13.858**		
EB	Einzelbetriebliche Beratung	Ø	9.424	Betriebe								
	davon Beratung zu bodenbezogenen Themen		1.630	Betriebe				n.q.			dh	keine
Flur	Flurbereinigung [4]	Ø	875 [4]	Vorhaben				n.q.			dh	keine
SAB	Spezieller Arten- und Biotopschutz	Ø	47	Vorhaben				n.q.			dh	keine
	davon mit Fokus auf Heckenneuanlage		1	Vorhaben								
FGE	Fließgewässerentwicklung	/	170	Projekte								
	davon Gewässerrandstreifen [5]		7	Projekte				n.q.			dh	keine
			50	km								
EELA-V	Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften	/	43	Vorhaben				n.q.			dh	keine
	davon mit Wallheckenpflege /-erneuerung		2	Vorhaben								
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	Ø	36.445 [6]	ha	0,2	4,0	146.405	2,9	320	11.662	be	keine
AL5	keine Bodenbearbeitung nach Mais	/	12.677 [2]	ha	0,2	3,1	37.837	0,8	n.q.		be	keine
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	/	12.776 [3]	ha	1,5	9,8	124.619	0,2	550	7.027	be	keine
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	/	7.782 [3]	ha	1,2	11,5	89.518	0,1	550	4.280	be	keine
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	/	1.653 [3]	ha	0,3	13,0	21.563	0,03	700	1.157	be	keine
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	/	3.016 [6]	ha	1,4	28,5	86.061	0,01	700	2.111	be	keine
BS9	Anlage von Hecken für den Wildtier- und Vogelschutz	Ø	0,8 [7]	ha	0,0004	n.q.		0	900	1	dh	keine
ÖKO	Ökologischer Landbau	Ø	59.559 [7]	ha	8,2	10,6	634.151	0,4	-	448.758 [8]	be	keine
EIP-Agri	Europäische Innovationspartnerschaften	/	49	Vorhaben				n.q.			dh	keine
	davon mit Bodenschutzbezug		9	Vorhaben								
Summe (unten)					**13,0**	**80,6**	**1.140.154**	**4,5**	**3.720**	**474.996**		
Gesamt					**14,5**	**124,2**	**1.362.712**	**5,5**	**6.140**	**488.854**		

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

Wirkungsdauer: dh = dauerhaft, be = begrenzt auf die Dauer der Förderung

n.q. = nicht quantifiziert

1) CC_{Wasser} 1 bzw. E_{nat}5.1 und CC_{Wasser}2 bzw. E_{nat}5.2

2) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2015 (InVeKoS), für die Wirkungsanalyse beim Erosionsschutz wurde der Förderstand des Jahres 2017 herangezogen.

3) Wert zeigt den Höchstand im Jahr 2021 (InVeKoS)

4) Vorhaben inkl. Wegebau und Freiwilliger Landtausch, Quelle: Monitoring (2024)

5) Schätzung nach Angaben im Bericht (Bathke, 2024)

6) Wert zeigt den Höchstand im Jahr 2020 (InVeKoS)

7) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2022 (InVeKoS), BV 1 nur Ackerfläche

8) Wert ist umgerechnet (Beck & Rippel, 2024) aus der vereinfachten Humusbilanzierung.

Quelle: Eigene Zusammenstellung aufgrund InVeKoS-Daten (2015 bis 2022), LBEG-Daten (2017, 2020 bis 2022), VDLUFA (2014), PFEIL-Programm (ML, 2015) und Angaben der Verwaltungsbehörde und Fachreferate sowie vereinzelt Monitoringdaten (2024).

Zusammenfassung der Wirkungen nach Bewertungskriterien

Im Rahmen der Wirkung des Programms zur **Senkung des Bodenabtrags durch Wassererosion** wurden 14,5 % der **Wassererosionskulisse $CC_{Wasser}1$ und $CC_{Wasser}2$** durch die bodenschutzrelevanten Maßnahmen erreicht. Den größten Beitrag leistete der ökologische Landbau (BV1). Die beiden Vorhabenarten der einjährigen Blühstreifen (BS11 und BS12) sowie die Schonstreifen für den Rotmilan (BS6) und der Zwischenfruchtanbau (AL21) erreichten zusammen 5,5 % der Kulisse mit jeweils zwischen 1,2 % bis 1,5 %. Besonders bei den Streifenmaßnahmen sind die Anteile im Vergleich zum Zwischenfruchtanbau besonders hoch, da sie enge Vorgaben bzgl. der Dimensionierung aufweisen und die Flächen dementsprechend jeweils deutlich kleiner sind.

Der potenzielle **Bodenabtrag, der insgesamt durch das Programm vermieden wurde**, beläuft sich auf jährlich rund 1,4 Mio. t in den Jahren des jeweiligen Förderhöchststandes, wovon die mit SPB 4C-Ziel programmierten Maßnahmen ca. 222.000 t einnahmen. Der Großteil mit über 630.000 t des potenziell vermiedenen Bodenmaterials konnte durch den ökologischen Landbau als flächenstärkste Maßnahme erzielt werden. In Bezug auf die **maximal vermiedenen Tonnen pro Hektar Förderfläche** wurde das meiste Bodenmaterial durch die Erosionsschutzstreifen (BS71) verhindert. Zurückzuführen ist dies auf die bewusste Lenkung auf die Erosionskulisse und die sehr hohe Bodenbedeckung bzw. den sehr geringen C-Faktor. Ebenfalls ein großer vermiedener Bodenabtrag war bei den Schonstreifen für den Rotmilan (BS6) zu verzeichnen. Die weiteren Flächenvorhabenarten wie der Zwischenfruchtanbau (AL21 und AL22) sowie keine Bodenbearbeitung nach Mais (AL5) zeigten die geringsten vermiedenen Bodenabträge. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Großteil der geförderten Flächen außerhalb der erosionsgefährdeten Flächen lag und die Bodenbedeckung vergleichsweise niedrig war bzw. sich durch höhere C-Faktoren (aufgrund größerer Anteile an z. B. Mais) auszeichnete. Obwohl die Erosionsschutz- und Gewässerschutzstreifen von der Bodenbedeckung und Dimensionierung gleiche Förderbedingungen aufwiesen, war der Beitrag zum Bodenschutz pro Hektar sehr unterschiedlich. Dies ist auf die Lenkungswirkung der Erosionskulisse zurückzuführen, was die zielgerichtete Ausgestaltung des Förderbausteins unterstreicht. Über alle geförderten Maßnahmen hinweg wurden in der Summe zwischen ca. 79 t und ca. 124 t Bodenmaterial pro Hektar und Jahr vermieden. Im Mittel waren dies jährlich zwischen 4,8 und 8,2 t vermiedener Abtrag pro Hektar Förderfläche. Hingegen betrugen die mittleren Abtragsraten pro Hektar über alle Maßnahmen zwischen 0,3 und 0,5 Tonnen pro Hektar und Jahr. Ohne die Maßnahmen (E_{nat}) läge der Abtrag mit 5,1 bis 8,6 Tonnen pro Hektar und Jahr bedeutend höher.

Insgesamt konnte durch die bodenschutzrelevanten Ackermaßnahmen ein Anteil von ca. 5,5 % der **Winderosionskulisse** erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Förderflächen in der Kulisse ab $E_{nat}3$, stieg der Anteil auf das Dreifache (15,9 %). Der größte Anteil innerhalb der Winderosionskulisse wurde durch den winterharten Zwischenfruchtanbau (2,9 %) erreicht.

Das Programm leistete einen potenziellen Beitrag zur **Kohlenstoffspeicherung im Boden** im Umfang von 488.854 t C_{org}/a für die jeweils betrachteten Jahre. Der größte Teil dieser Wirkung entfiel auf den ökologischen Landbau als Einzelmaßnahme (448.758 t C_{org}/ha*a). Im Vergleich zu den Betrieben mit konventioneller Bewirtschaftung wurde mehr Kohlenstoff in den Boden eintragen, was sich in einer deutlich weniger negativen bzw. weniger humuszehrenden, vereinfachten Humusbilanz zeigte. Damit wurde auch mit rund 92 % der größte Anteil an Kohlenstoff in den Boden eingetragen. Netto entsprach dies einer Wirkung von rund 356 Humusäquivalenten pro Hektar und Jahr, die durch eine ökologische Bewirtschaftung im Gegensatz zur konventionellen eingespart werden konnte. Danach folgten mit jeweils über 11.000 Tonnen C_{org} die beiden Varianten des Zwischenfruchtanbaus (AL21, AL22), was auf die erreichte Förderfläche zurückzuführen ist. Große Beiträge wurden entsprechend der erreichten Förderflächen von den einjährigen Blühstreifen der Grundförderung (BS11) sowie auch deren Zusatzförderung (BS12) erzielt. Sie zeichneten sich trotz der formalen Einjährigkeit durch eine geschlossene Bodenbedeckung aufgrund der gezielten Begrünung aus und wiesen nachweislich (BS11, mehr als die Hälfte basierend auf Geodatenauswertung) eine lagetreue Mehrjährigkeit auf. Die geringsten absoluten Beiträge zur Kohlenstoffspeicherung erzielte die Heckenförderung, obwohl diese mit

Abstand das größte Potenzial auch vor dem Hintergrund der Langjährigkeit zur Kohlenstoffspeicherung im Boden besitzt.

Die **investiven Maßnahmen, Beratungs- und Kooperationsmaßnahmen** zeigen insgesamt eine gering positive Wirkung auf die betrachteten Bewertungskriterien im landwirtschaftlichen Raum. Mit dem Einbringen neuer Biotopelemente (Gewässerrandstreifen, (Wall-)Hecken/Knicks, Baumreihen/Alleen) im Rahmen der Flurbereinigung, dem Speziellen Arten- und Biotopschutz sowie den Vorhaben zum Erhalt von Lebensräumen und Arten ländlicher Räume sind Vorteile für die Erosionsvorsorge (Wasser und Wind) und bei Neuanlage ein Eintrag von Kohlenstoff in den Boden verbunden. Bei der Flurbereinigung kann der Erosionsschutz verbessert werden, wenn in dem geförderten Gebiet ein entsprechendes Problem bzw. ein Potenzial zur Verbesserung besteht. Bei der EIP-Agri-Förderung sind es lange und z. T. indirekte Wirkungsketten der Verfahren, Vorhaben und Projekte, welche dann eine Bodenschutzwirkung entfalten können. Die Fließgewässerentwicklung sind mit einer mittelstarken positiven Wirkung positiven Schutz vor Wassererosion und einem hohen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung verbunden, welche sich aufgrund der Ähnlichkeit zu den wirkungsvollen Gewässerschutzstreifen durch einen mittelstarken auszeichnet.

Wirksamkeit

Die Wirksamkeit bezeichnet die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen zu den gesetzten Zielen. Dabei ist aus programmspezifischer Sicht folgender **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 das 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. Herangezogen werden sollte für diese Berichterstattung der Monitoringwert. Das Monitoring gibt für den Indikator einen Wert von 164.635 ha an. Dies entspricht 2021 einem Anteil von 6,3 % der landwirtschaftlichen Fläche von Niedersachsen und Bremen (entera, 2022). Allerdings ist dieser für das Jahr 2016 (Förderhöchststand) ein kumulierter Wert, welcher nicht den tatsächlich geförderten landwirtschaftlichen Flächen entspricht. Dies liegt daran, dass für die Wirkungsanalyse die InVeKoS-Ackerflächen hinzugezogen wurden, welche von den Monitoringdaten abweichen. Der sehr hohe Monitoringwert für 2016 ist darauf zurückzuführen, dass die Zwischenfrüchte über das Greening hinaus als AUKM gemeldet wurden. Zudem wurden im selben Jahr zwei Auszahlungen für unterschiedliche Zeiträume geleistet (Anpassung Antragszeiträume von AUKM und Greening). Dieser hohe Wert kann technisch bedingt später nicht mehr zurückgenommen werden (vgl. ML, 2017b: S.24). Die Analysen im vorliegenden Bericht, mit denen die Wirkungen auf der Grundlage der erfolgten Umsetzung abgeschätzt wurden, ergeben ausgehend von Tabelle 37 einen deutlich geringeren Flächenumfang (42.755 ha, InVeKoS-Daten). Um den Ergebnisindikator einzuordnen, sieht der EPLR den entsprechenden Zielindikator T12, mit einem Wert von 50.390 ha landwirtschaftlicher Fläche, vor. Diese Fläche entspricht 1,96 % der landwirtschaftlichen Fläche in Niedersachsen und Bremen (ML, 2021). Das bedeutet, dass der zum Ergebnisindikator gehörende Zielindikator mit den geförderten landwirtschaftlichen Flächen (gemäß Monitoringdaten) erreicht und nach den InVeKoS-Daten nicht erreicht wurde (vgl. Tabelle 38).

Tabelle 38: Übersicht der Programmwirkung auf den bodenschutzrelevanten Ergebnisindikator

Nummer	Bezeichnung	Wert		Einheit	Jahr	Zielsetzung der Zielindikatoren	Zielerreichungsgrad [%]	
		Monitoring [1]	InVeKoS				Monitoring [1]	InVeKoS
R10	Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten	164.635	42.755	ha	2021	50.390 ha landwirtschaftliche Fläche	327	85
		6,3	1,6	%		1,96 % der landwirtschaftlichen Fläche		

1) Wert ist kumuliert und deswegen nicht geeignet zur Angabe der tastächlich geförderten Flächen.

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus dem Monitoring (entera, 2022) und dem EPLR (ML, 2021).

Gesetzliche, quantifizierte nationale Ziele oder Zielwerte für den Boden im Rahmen der Kohlenstoffspeicherung als Sektor oder Emissionspool für NI/HB waren nicht vorhanden. In Bezug auf die gesetzliche, im Rahmen der EU durch den Green-Deal geforderte Reduzierung der Bodenerosion (EU-KOM, 2020b) konnte belegt werden, dass durch das Programm eine Fläche von insgesamt 14,5 % der $CC_{Wasser}1$- und $CC_{Wasser}2$-Kulisse und 5,5 % der CC_{Wind}-Kulisse erreicht werden konnte. Die Beiträge für den Wasser- und Winderosionsschutz sind jeweils als gering einzustufen. Dies ist darin begründet, dass es bereits sehr wirksame Maßnahmen im PFEIL gibt, die allerdings eine zu geringe Reichweite erzielten. Für die Ackerflächen der relevanten Maßnahmen konnte jährlich ein Bodenabtrag von rund 1,4 Mio. t/a durch den Schutz vor Wassererosion vermieden werden.

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 prioritärem und sekundärem Bodenschutzziel und der Ökolandbau relevant (Tabelle 39).

Tabelle 39: Übersicht der Programmwirkung auf die bodenschutzrelevanten Wirkungsindikatoren

			Kontextindikator (Deutschland)		Wirkungsindikator (NI und HB)	
Nummer	Bezeichnung	Einheit	Wert	Jahr	Wert	Jahr
I.12	**Soil organic matter in arable land**		**C. 41**			
	total estimate of organic carbon content in arable land [1]	Mt	1.004	2018	0,5	2015, 2020, 2021, 2022
			245 (NI)	2014		
	mean organic carbon content	g/kg	26,5	2018	-	-
I.13	**Soil erosion by water**		**C.42**			
	Estimated rate of soil loss by water erosion	t / ha / year	1,23 und 0,6 (NI)	2016	0,3 bis 0,5	2015, 2020, 2021, 2022
	Estimated agricultural area affected by a certain rate of soil erosion by water (> 11 t/ha/a) [2]	1.000 ha	301,6	2016	0,2	
		% of the total agricultural area	1,4 und 0,4 (NI) und 0 (HB)	2016	0,0	

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

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

Quelle: Eigene Darstellung mit den Werten von EU-KOM, 2015, 2018b, 2020a; ML, 2021 sowie EU-KOM, 2019.

Der Beitrag des Programms zur Kohlenstoffspeicherung im Boden kann anhand des Wertes des ersten C.41 Unterindikators von 620 Megatonnen durchschnittlichen Kohlenstoffgehalts im Ackerland (Bezugsrahmen Deutschland, 2018) gemessen werden. Dazu wird der gesamte Kohlenstoffeintrag des Programms in Megatonnen (0,5 Mt) umgerechnet. Der Beitrag ist demnach als sehr gering positiv einzuschätzen. Zu beachten ist, dass mit dem zweiten Unterindikator der mittlere Gehalt im Boden (0 bis 20 cm) als Vorrat betrachtet wird (EU-KOM, DG AGRI, 2023), wohingegen mit den Maßnahmen nur der zusätzliche Eintrag kalkuliert werden konnte. Diese beiden Größen sind nicht gleichzusetzen. Der vergleichsweise geringe Einfluss der Maßnahmen kann durch den Vergleich der Vorräte niedersächsischer Ackerböden verdeutlicht werden. In den meisten NUTS-2-Regionen in Niedersachsen liegt der mittlere Vorrat an organischem Kohlenstoff im Ackerland in der

Spannweite von 20 bis 30 g/kg (EU-KOM, 2018b). Die betrachteten Maßnahmen liefern eine zusätzliche Menge von im Mittel 2,8 t C_{org}/ha und Jahr. Der zweite Unterindikator kann mit den kalkulierten Angaben somit nicht bedient werden.

Der Kontextindikator C.42 Bodenerosion durch Wasser wird in Niedersachsen mit einem Wert von 0,6 t/ha/a und in Bremen mit 0,2 t/ha/a für das aktuell verfügbare Jahr 2016 angegeben (EU-KOM, 2019). Auf den Ackerflächen der relevanten AUKM und des ökologischen Landbaus wurde ein mittlerer Bodenabtrag von 0,3 bis 0,5 t/ha*a kalkuliert, was deutlich unter dem Wert für den ersten C.42 Unterindikator Deutschland liegt. Für den zweiten Unterindikator wird eine Grenze von 11 t/ha/a aufgeführt. In Niedersachsen und Bremen wurde nur auf rund 169 ha diese Grenze überschritten. Mit diesem geringen Flächenanteil wird im Sinne des Kontextindikators ein positiver Einfluss auf die Entwicklung der beiden Unterindikatoren ausgeübt.

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 von PFEIL 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 durch Wasser als auch Wind, und zum anderen auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden. Zwei zusätzliche Messgrößen werden berechnet (siehe Kapitel 5.3 und 5.4):

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

Die Effizienzbetrachtung erfolgt zunächst für Maßnahmen, die mit einem expliziten Bodenschutzziel programmiert wurden. Dabei handelt es sich ausschließlich um Flächenmaßnahmen. Mit knapp über 40.000 ha Fläche ist AL21 die größte Maßnahme; bei den anderen Maßnahmen handelt es sich um Streifenmaßnahmen mit deutlich geringeren Förderumfängen.

Ergänzend wird ein Überblick für die Flächenmaßnahmen gegeben, deren inhaltlicher Schwerpunkt in anderen Zielbereichen liegt, die aber dennoch eine Bodenschutzwirkung haben. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist aber zu beachten, dass diese Maßnahmen im Hinblick auf andere Ziele konzipiert wurden und die ermittelten wirkungsbezogenen Kosten sich im Wesentlichen aus dem schutzgutspezifischen Maßnahmendesign ableiten lassen.

6.1 Implementations- und Gesamtkosten

Die Implementationskosten liegen bei den Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel im Mittel bei neun Euro je Hektar, mit erheblichen Unterschieden zwischen den Maßnahmen (vgl. Tabelle 40). Die geringsten Kosten je Hektar Förderfläche weist AL21 auf. Die Streifenmaßnahmen sind mit deutlich höheren Kosten verbunden, wie auch schon die Implementationskostenanalyse (Grajewski und Becker, 2026) herausgestellt hatte. Nach den betrieblichen Verpflichtungen, zu denen beispielsweise der Ökolandbau gehört, waren die ackerbezogenen Maßnahmen am günstigen in der Umsetzung, gemessen an den IK je Hektar, während die Streifenmaßnahmen am teuersten waren (Grajewski und Becker, 2026, Abbildung 15). Dies ist auf vielfältige Ursachen zurückzuführen, die in der finanziellen Ausstattung der Maßnahmen und am Maßnahmendesign liegen.

Tabelle 40: Implementations- und Gesamtkosten der Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro	Öffentliche Mittel [1] in Euro	Output [1]		IK je Hektar Förderfläche in Euro	Gesamtkosten je Hektar Förderfläche in Euro
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung	309.000	2.696.128	42.127	ha	7	71
BS71	Erosionsschutzstreifen	14.000	84.210	115	ha	122	854
BS72	Gewässerschutzstreifen	48.000	258.933	512	ha	94	599
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion	11.000	2.426	1,3	ha	8.462	10.327
Gesamt		382.000	3.041.697	42.755	ha	9	80

1) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2015 (InVeKoS) für AL 21 und die zugehörigen Mittel, berechnet auf der Grundlage von 64 Euro/Hektar.
Für alle anderen Maßnahmen wurde der Förderhöchststand 2021 mit den zugehörigen Mitteln herangezogen.

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), ML (2025b) und Reiter et al. (2025).

Die Streifenmaßnahmen weisen ein geringes indikatives Budget auf. Erosionsschutzstreifen und Gewässerschutzstreifen wurden zwar in größerem Umfang als ursprünglich geplant in Anspruch genommen, die Auszahlungsbeträge fallen aber dennoch gering aus. In der schriftlichen Befragung 2018 formulierten Bewilligungsstellen daher einen Prüfauftrag, ob angesichts einer landesweiten Auszahlungssumme von unter 100.000 Euro die Maßnahmen weiter angeboten werden sollten (Fährmann und Grajewski, 2018). Bei den Gewässerschutzstreifen hat seit 2018 die Inanspruchnahme zwar deutlich zulegt, aber dennoch bleibt es eine Maßnahme, bei der Skaleneffekte kaum durchschlagen. Bei der Anlage von Hecken zur Winderosion sind angesichts der quasi nicht vorhandenen Inanspruchnahme die Implementationskosten eher als Vorhaltekosten zu interpretieren. Die Implementationskosten übersteigen bei weitem die eingesetzten öffentlichen Mittel. Die fehlende Inanspruchnahme war ursächlich in dem Umstand begründet, dass nach Auslaufen einer Förderung die geschaffene Hecke in ein CC relevantes Landschaftselement überführt worden wäre.

Das Maßnahmendesign der vier Bodenschutzmaßnahmen unterscheidet sich grundlegend. Tabelle 23 in Grajewski und Becker (2026) hat ausgewählte Charakteristika von NiB-AUM zusammengestellt. Eine wesentliche Unterscheidung von AL21 und den drei Streifenmaßnahmen ist, dass es sich bei AL21 um eine rotierende Verpflichtung handelt, während die Streifenmaßnahmen lagegenaue Verpflichtungen beinhalten. Nur bei nicht lagegenauen Verpflichtungen war es auch möglich, sogenannte Bewilligungskorridore einzurichten, die die Umsetzung vereinfachten. Die Abgrenzung zu den ÖVF war auch aufwandserhöhend. Neben AL21 gab es den Zwischenfruchtanbau auch als ÖVF. 2015 haben viele Antragsteller:innen ihre AUM-Verpflichtung zurückgezogen. Dies war sanktionsfrei möglich. Allerdings sorgten die unterschiedlichen Bestimmungen in der Folge nach Einschätzung der Bewilligungsstellen immer wieder zu Fehlern bei der Einhaltung von Verpflichtungen, insbesondere bei der Einhaltung von Terminen. Im Vergleich zu AL21 waren die Auflagen bei den Streifenmaßnahmen wesentlich komplexer; zudem handelte es sich um Teilschläge mit festgelegten Breiten und Flächenumfängen, die in der Regel auch nicht per Fernerkundung, sondern in physischen Vor-Ort-Kontrollen zu überprüfen sind.

Die Gesamtkosten werden bestimmt von den gewährten Prämien je Hektar, mit denen Kosten und Einkommensverluste ausgeglichen werden sollen. Bei AL21 lagen diese bei 75 Euro für einen konventionellen Betrieb und 55 Euro für einen Ökobetrieb. Bei AL21 handelt es sich um eine produktionsintegrierte Maßnahme, sodass die Opportunitätskosten sehr viel geringer ausfallen als bei den Streifenmaßnahmen, bei denen Ackerflächen aus der Produktion genommen. Bei Erosionsschutzstreifen und Gewässerschutzstreifen lag die Höhe der jährlichen Zuwendung bei 760 Euro bzw. 540 Euro je Hektar. Für die Anlage von Hecken wurden 2.600 Euro je Hektar bezahlt, abweichend vom sonst üblichen fünfjährigen Verpflichtungszeitraum über sieben Jahre (RL NiB-AUM 2019). Damit liegen, wie in Tabelle 40 zu erkennen ist, die Gesamtkosten je Hektar bei AL21 mit 71 Euro je Hektar deutlich niedriger im Vergleich zu den Streifenmaßnahmen. Bei der Anlage von Hecken liegen die Gesamtkosten bei über 10.000 Euro pro Hektar und Jahr, vor allem zurückzuführen auf die sehr geringe Inanspruchnahme.

6.2 Vermiedener Bodenabtrag durch Wassererosion

Für drei Maßnahmen mit Bodenschutzziel konnten Wirkungen auf die Verminderung des Risikos von Bodenabtrag durch Wasser berechnet werden. Auf den Hektar bezogen haben die Erosionsschutzstreifen mit 31,3 t potenziell vermiedenem Bodenabtrag pro Jahr die größte Wirkung. Der Anbau von Zwischenfrüchten und Gewässerschutzstreifen ist deutlich weniger wirksam auf den Hektar bezogen (vgl. Tabelle 37). Die drei betrachteten Maßnahmen weisen Implementationskosten je Tonne vermiedener Bodenabtrag pro Jahr in Höhe von 1,7 Euro auf. Die Gesamtkosten liegen bei 13 Euro je Tonne. Kostenseitig schneiden AL21 und die Erosionsschutzstreifen am günstigsten ab, wie Tabelle 41 zeigt.

Tabelle 41: Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Vermeidung von Wassererosion

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro	Öffentliche Mittel [1)] in Euro	Output [1)]		Wassererosion max. vermiedener Bodenabtrag pro Jahr	IK je Tonne vermiedener Bodenabtrag in Euro	Gesamtkosten je Tonne vermiedener Bodenabtrag in Euro
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung	309.000	2.103.986	32.626	ha	216.009 t	1,4	11
BS71	Erosionsschutzstreifen	14.000	84.210	115	ha	3.581 t	3,9	27
BS72	Gewässerschutzstreifen	48.000	258.933	512	ha	2.968 t	16,2	103
Gesamt		371.000	2.447.130	33.253	ha	222.558 t	1,7	13

1) Wert zeigt den Stand im Jahr 2017 (InVeKoS) für AL 21 und die zugehörigen Mittel, bei den anderen Maßnahmen wurde der Höchststand 2021 zugrundegelegt.

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), ML (2025b) und Reiter et al. (2025), vgl. Tabelle 37.

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[9] externe Kosten in Höhe von sieben Euro je Hektar an (Brand-Sassen, 2004, S. 148).

Würde der einzelbetriebliche Nutzen in heutigen Preisen ausgewiesen, läge er unter Zugrundelegung der Inflation seit 2004 bei 17,8 Euro je Tonne vermiedenem Bodenabtrag. In Relation zu den öffentlichen Mitteln, mit denen die einzelbetrieblichen Kosten und Ertragsverluste ausgeglichen werden sollen, liegt der so berechnete Nutzen nur bei AL21 mit rund 3,8 Mio. Euro über den ausgezahlten öffentlichen Mitteln (2,1 Mio. Euro). Dies erklärt auch die Attraktivität der Maßnahme, weil ein Teil der Betriebe auch ohne Förderung sich für den Zwischenfruchtanbau aufgrund der betriebswirtschaftlichen Vorteile entscheiden würde. Bei den Erosionsschutzstreifen und insbesondere bei den Gewässerschutzstreifen liegen die öffentlichen Mittel über dem einzelbetrieblichen Nutzen. Die Kosten übersteigen also den einzelbetrieblichen Nutzen durch den vermiedenen Bodenabtrag. Ausschließlich aus betriebswirtschaftlicher Nutzenperspektive, also der Verhinderung von Onsite-Schäden, dürfte das Interesse an der Anlage von Erosions- und Gewässerschutzstreifen eher gering sein. Darauf verweist auch, dass von den teilnehmenden landwirtschaftlichen Betrieben ca. die Hälfte angegeben hat, dass die Prämien nur unzureichend die Aufwendungen abdecken würden (Scholz, 2024, S. 29). Ein Teil der Betriebe würde auch nach dem Auslaufen der Förderverpflichtungen die Streifen auflösen (Scholz, 2024, S. 34).
Nur die Berücksichtigung von Offsite-Schäden, also beispielweise von Sedimenteinträgen in Gewässer, würde ein günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis ergeben. Die Lage der Erosionsschutzstreifen zeigt in Teilen eine über die

[9] Hier wird für die Berechnung davon ausgegangen, dass der gesamte vermiedene Bodenabtrag alternativ als Offsite-Schäden (Bereich Vorfluter, Oberflächengewässer oder angrenzende Siedlungsflächen) gewertet wird. Das Bodenmaterial muss dann von den Flächen mit Sedimentbereinigungskosten beseitigt werden. In der Realität kann das abgetragene Material auch innerhalb des eigenen Feldblocks (Onsite-Schäden) umgelagert werden.

reine Onsite-Nutzen-Betrachtung hinausgehende Berücksichtigung der Offsite-Nutzen von Erosionsschutzstreifen, indem beispielsweise ordnungsrechtliche Festlegungen zum Schutz von Gewässern eine Motivation zur Anlage von Streifen darstellen. Gewässerschutz wurde von 57 % der von Scholz (2024) befragten teilnehmenden Betriebe als Motivation genannt.

Neben den Maßnahmen, die mit dem Ziel Bodenschutz programmiert wurden, gibt es noch zahlreiche weitere Maßnahmen, die einen Beitrag zur Vermeidung von Wassererosion leisten. Deren Wirkungen und die damit verbundenen Kosten stellt Tabelle 42 dar.

Tabelle 42: Kosten von Flächenmaßnahmen ohne Bodenschutzziel zur Vermeidung von Wassererosion

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro	Öffentliche Mittel [1] in Euro	Output [1]		Wassererosion max. vermiedener Bodenabtrag pro Jahr	IK je Tonne vermiedener Bodenabtrag in Euro	Gesamtkosten je Tonne vermiedener Bodenabtrag in Euro
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	198.000	3.519.539	36.445 [1]	ha	146.405 t	1,4	25
AL5	keine Bodenbearbeitung nach Mais	120.000	589.368	12.467 [2]	ha	37.837 t	3,2	19
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	580.000	9.067.814	12.776 [3]	ha	124.619 t	4,7	77
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	277.000	6.953.153	7.782 [3]	ha	89.518 t	3,1	81
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	183.000	1.419.876	1.653 [3]	ha	21.563 t	8,5	74
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	63.000	2.136.796	3.016 [1]	ha	86.061 t	0,7	26
Gesamt	**AUKM**	1.421.000	23.686.547	74.139	ha	506.003 t	2,8	50
ÖKO	Ökologischer Landbau (nur Ackerfläche) [5]	336.374	17.235.261	59.559 [4]	ha	634.151 t	1,1	28
Gesamt		1.757.374	40.921.807	133.698	ha	1.140.154 t	1,5	37

1) Wert zeigt den Höchstand im Jahr 2020 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2021.
2) Wert zeigt den dritthöchsten Stand im Jahr 2017 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2018.
3) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2021 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2022.
4) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2022 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2023.
5) Implementationskosten und Öffentliche Mittel wurden anteilig den Ackerflächen zugewiesen, entsprechend dem Flächenanteil an der geförderten LF.

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), ML (2025b) und Reiter et al. (2025), vgl. Tabelle 37.

Insgesamt übersteigen die Wirkungen der mit anderen Schutzzielen programmierten AUKM auf die Vermeidung von Wassererosion die in Tabelle 41 dargestellten Wirkungen. Dies ist auch auf die deutlich höhere Inanspruchnahme zurückzuführen. Die Kosten liegen im Mittel allerdings über den Kosten der Bodenschutzmaßnahmen. Dies gilt für die Implementationskosten, weil insbesondere die auf Biodiversität ausgerichteten Streifenmaßnahmen komplex ausgestaltet sind. Höhere Anforderungen schlagen sich auch in höheren Prämien nieder, sodass die Gesamtkosten insgesamt bei 37 Euro je Tonne vermiedenen Bodenabtrag pro Jahr liegen.

Der ökologische Landbau leistet einen großen Beitrag zur Verhinderung von Erosion. Aufgrund seiner Reichweite kann er potenziell einen Bodenabtrag von 0,6 Mio. Tonnen vermeiden. In der CC-Wasserkulisse werden 8,2 % der Fläche durch den Ökolandbau erreicht. Insgesamt werden 14,5 % der CC-Wasserkulisse durch Flächenmaßnahmen – mit und ohne explizites Bodenschutzziel – mit positiven Wirkungen abgedeckt. Als gesamtbetriebliche Maßnahme ist der Ökolandbau mit geringen Implementationskosten verbunden. Die IK je vermiedene Tonne Bodenabtrag liegen daher bei nur 1,1 Euro. Die Gesamtkosten liegen bei 28 Euro je Tonne vermiedenem Bodenabtrag.

6.3 Kohlenstoffspeicherung im Boden

Von den vier Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel wird durch AL21 aufgrund des Flächenumfangs der größte Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden geleistet. Auf den Hektar Fläche bezogen sind die Streifenmaßnahmen und insbesondere die Anlage von Hecken am wirkungsvollsten (vgl. Tabelle 37). Hinsichtlich der Implementationskosten je Tonne gespeicherter Kohlenstoff im Boden schneiden die Zwischenfrüchte am besten ab (vgl. Tabelle 43). Die Streifenmaßnahmen verursachen höhere Implementationskosten. Die Gründe wurden schon weiter oben diskutiert. Hinsichtlich der Gesamtkosten schneiden ebenfalls die Zwischenfrüchte

am günstigsten ab. Aufgrund der höheren Prämien je Hektar und der höheren IK liegen die Gesamtkosten bei den Streifenmaßnahmen deutlich höher. Eine Studie aus Österreich hat die Kosten verschiedener Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung untersucht (Meyer et al., 2023). In der Rangfolge sind die Kosten mit den Ergebnissen dieses Berichts vergleichbar. Zum Beispiel gehören die Maßnahmen, die nicht produktionsintegriert erfolgen, sondern keine ackerbauliche Nutzung mehr zulassen, wie Hecken oder Grünbrachen, auch in der österreichischen Studie zu den Maßnahmen mit hohen Kosten je Tonne Kohlenstoff (Meyer et al., 2023, Abbildung 1).

Tabelle 43: Effizienz von Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro	Öffentliche Mittel [1] in Euro	Output [1]		Kohlenstoff-speicherung im Boden gespeicherte Menge an Kohlenstoff pro Jahr	IK je Tonne gespeicherter Kohlenstoff in Euro	Gesamtkosten je Tonne gespeicherter Kohlenstoff in Euro
AL21	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung	309.000	2.696.128	42.127	ha	13.481 t	22,9	223
BS71	Erosionsschutzstreifen	14.000	84.210	115	ha	69 t	202,9	1.423
BS72	Gewässerschutzstreifen	48.000	258.933	512	ha	307 t	156,3	999
BS8	Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion	11.000	2.426	1,3	ha	1,2 t	9.401,7	11.475
Gesamt		382.000	3.041.697	42.755	ha	13.858 t	27,6	247

1) Wert zeigt den Höchststand 2015 (InVeKoS) für AL 21 , bei den anderen Maßnahmen wurden der Höchststand 2021 und die zugehörigen Mittelzugrundegelegt.

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), ML (2025b) und Reiter et al. (2025), vgl. Tabelle 37.

Bei den Flächenmaßnahmen ohne Bodenschutzziel ist die Kohlenstoffspeicherung als Nebeneffekt zu interpretieren, da keine Maßnahme spezifisch auf diesen Zweck hin programmiert wurde. Im Vordergrund steht der Erosionsschutz, sowohl wasser- als auch windgetrieben. Dennoch liefern einige dieser Maßnahmen aufgrund ihres höheren Flächenumfangs einen größeren Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden als die Maßnahmen mit programmiertem Ziel (vgl. Tabelle 44). Aufgrund der höheren IK und der höheren verausgabten öffentlichen Mittel sind die Gesamtkosten je Tonne Kohlenstoff im Durchschnitt höher als bei den Flächenmaßnahmen mit Bodenschutzziel, wobei die Streifenmaßnahmen in etwa vergleichbare Ergebnisse aufweisen.

Tabelle 44: Kosten von Flächenmaßnahmen ohne Bodenschutzziel zur Kohlenstoffspeicherung im Boden

Kürzel	Teilmaßnahme/Vorhabenart	Implementations-kosten 2017 in Euro	Öffentliche Mittel [1] in Euro	Output [1]		Kohlenstoff-speicherung im Boden gespeicherte Menge an Kohlenstoff pro Jahr	IK je Tonne gespeicherter Kohlenstoff in Euro	Gesamtkosten je Tonne gespeicherter Kohlenstoff in Euro
AL22	Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Zusatzförderung winterhart	198.000	3.519.539	36.445 [1]	ha	11.662 t	17,0	319
BS11	Einjährige Blühstreifen – Grundförderung	580.000	9.067.814	12.776 [3]	ha	7.027 t	82,5	1.373
BS12	Einjährige Blühstreifen – Zusatzförderung	277.000	6.953.153	7.782 [3]	ha	4.280 t	64,7	1.689
BS2	Mehrjährige Blühstreifen	183.000	1.419.876	1.653 [3]	ha	1.157 t	158,2	1.385
BS6	Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan	63.000	2.136.796	3.016 [1]	ha	2.111 t	29,8	1.042
Gesamt	**AUKM**	1.301.000	23.097.179	61.672	ha	26.238 t	49,6	930
ÖKO	Ökologischer Landbau (nur Ackerfläche) [5]	336.374	17.235.261	59.559 [4]	ha	448.758 t	0,7	39
Gesamt		1.637.374	40.332.439	121.231	ha	474.996 t	50,3	969

1) Wert zeigt den Höchstand im Jahr 2020 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2021.

2) Wert zeigt den dritthöchsten Stand im Jahr 2017 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2018.

3) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2021 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2022.

4) Wert zeigt den Höchststand im Jahr 2022 (InVeKoS), Öffentliche Ausgaben zum Jahr 2023.

5) Implementationskosten und Öffentliche Mittel wurden anteilig den Ackerflächen zugewiesen, entsprechend dem Flächenanteil an der geförderten LF. Wert der gespeicherten Menge an Kohlenstoff ist umgerechnet (Beck & Rippel, 2024) aus der vereinfachten Humusbilanzierung von 2022.

Quelle: Eigene Darstellung nach Grajewski und Becker (2026), ML (2025b) und Reiter et al. (2025), vgl. Tabelle 37.

Der ökologische Landbau trägt den Großteil (rund 95 %) der gespeicherten Menge, da er mit Abstand die größte Ackerfläche erreichte. Die Menge des gespeicherten Kohlenstoffs von über 448.000 t C_{org}/*a stellt den Mehrwert des ökologischen Landbaus gegenüber der konventionellen Bewirtschaftung im Jahr 2022 dar.

Insgesamt umfassen die Maßnahmen, die positive Effekte auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden haben, rund 164.000 ha Ackerfläche (Förderfläche). Die tatsächliche physische Fläche fällt geringer aus, da ÖKO-Betriebe oftmals an AUKM, wie dem Anbau von Zwischenfrüchten, teilnehmen. Bezogen auf die Ackerfläche Niedersachsens von 1,9 Mio. ha im Jahr 2023 liegt der Anteil von geförderten Flächen mit Wirkungen auf die Kohlenstoffspeicherung bei knapp über 8 %. Bezogen auf den Kohlenstoffvorrat in niedersächsischen Ackerböden (0 bis 30 cm Tiefe) in Höhe von 140 Mt (1 Mt = 10^6 t) (Möller und Kennpohl, 2014, Tabelle 4) macht die von den wirksamen Maßnahmen gespeicherte Menge an Kohlenstoff nur 0,3 % aus. Auch wenn die Maßnahmen an sich positive Effekte haben, so sind sie bezogen auf den Kohlenstoffvorrat gering. Auch eine Evaluierungsstudie aus Schweden kam zu einem vergleichbaren Ergebnis (Noring et al., 2023).

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 Ziel im SPB 4C zurück. Diese umfassen AL21, BS71, BS72, BS8.

Der Aspekt **Bodenerosion** wird in Bezug auf die Bewertungskriterien zu Wasser- als auch Winderosion betrachtet. Entsprechende Wirkungsfaktoren, welche durch die vier Maßnahmen bedient werden, sind die Erhöhung der Bodenbedeckung, Verkürzung der erosiven Hanglänge sowie Verringerung der Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche (vgl. Tabelle 12). Für die Beurteilung des Beitrags des Programms zum Erosionsschutz ist der **Ergebnisindikator** R10 „Prozentsatz der landwirtschaftlichen Fläche, für die Verwaltungsverträge zur Verbesserung der Bodenbewirtschaftung und/oder Verhinderung von Bodenerosion gelten“ heranzuziehen. Für den R10-Indikator sind ausgehend von den InVeKoS-Daten[10] (Tabelle 37) 42.755 ha bzw. 1,6 % der LF anzurechnen. Um den Ergebnisindikator einzuordnen, sieht PFEIL den entsprechende Zielindikator T12, mit einem Wert von 50.390 ha landwirtschaftliche Fläche, vor. Diese Fläche entspricht 1,96 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Niedersachsen und Bremen (ML, 2021). Das bedeutet, dass der zum Ergebnisindikator zugeordnete Zielindikator mit den Ackerflächen nicht erreicht wurde. Da für die Bewertung der Wirkung 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 maximal vermiedene Bodenabtrag (in t gesamt sowie in t/ha) herangezogen. Insgesamt konnten ca. 1,5 % der Ackerfläche in der gesamten CC_{Wasser}-Kulisse (E_{nat}5.1 und E_{nat}5.2) erreicht werden. Auf diesen Flächen wurde in den jeweiligen Jahren des Förderhöchststandes (AL21 = 2015, BS71, BS72, BS8 = 2021) ein potenzieller Bodenabtrag von über 222.000 t gesamt erzielt werden, was einer Menge von ca. 44 t/ha jährlich entspricht. Der größte Anteil wurde durch den Zwischenfruchtanbau (Grundmodul) erzielt. Im Rahmen des Schutzes vor **Winderosion** konnte durch die vier

[10] Die Monitoringdaten sind an dieser Stelle ungeeignet, da zum Förderhöchststand (2016) Daten aus zwei Jahren kumuliert wurden, um die AUKM und das Greening auf einen Zeitraum beziehen zu können. Dies führt zu einer Überschätzung der tatsächlich geförderten Fläche (ML (2017b).

Maßnahmen eine Fläche von 1 % in der stark winderosionsgefährdeten Kulisse (CC_{Wind}-Kulisse) erreicht werden. Dies ist wenig, obwohl PFEIL extra eine Winderosionsschutzmaßnahme (BS8) enthielt, welche jedoch nur auf 1,3 ha Fläche in Anspruch genommen wurde.

Zum zweiten Aspekt der Frage der Verbesserung der Bodenbewirtschaftung wird das Bewertungskriterium der Steigerung der **Kohlenstoffspeicherung im Boden** herangezogen. Dafür sind die Wirkungsfaktoren Anbau humusmehrender Kulturen sowie mehrjähriges Belassen derselben Struktur oder Kultur (Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln) wichtig. Insgesamt wurden durch die mit SPB 4C programmierten Maßnahmen jährlich potenziell ca. 13.800 t C_{org} in den Boden in den betrachteten Jahren eingetragen. Anhand von Literaturangaben werden die größten Beiträge (900 kg C_{org}/ha*a) durch die Hecken eingetragen. Allerdings trugen diese am wenigsten aufgrund der geringen Förderfläche bei. Das Gros stellte der ZWF-Anbau (AL21) dar, obwohl der vergleichsweise die geringsten Festlegungsraten (320 kg C_{org}/ha*a) aufweist.

In Bezug auf den wirksamen Förderungszeitraum nahm die Heckenanlage zum Winderosionsschutz (BS8) eine Sonderstellung innerhalb der i.d.R. fünfjährigen AUKM ein, da sie als dauerhafte Landschaftselemente durch das CC-Beseitigungsverbot geschützt sind.

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 (AL21, AL22, BS11, BS12, BS2, BS6, BS71, BS72, BS8, BS9, ÖKO), investive Maßnahmen wie die Flurbereinigung, der Spezielle Arten- und Biotopschutz, die Fließgewässerentwicklung Umsetzung von Vorhaben für den Erhalt und die Entwicklung von Lebensräumen und Arten ländlicher Landschaften 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 für den Bodenschutz **I.12 Gehalt des Bodens an organischer Materie in Ackerland** stellt sich positiv dar. Durch das Programm konnten jährlich (in den jeweiligen Jahren des Förderhöchststandes) potenziell insgesamt 448.854 t bzw. 0,5 Mt zusätzlich im Boden eingespeichert werden (Tabelle 39). Allerdings ist der Beitrag abhängig von der Verweilzeit der lagetreuen Bodenbedeckung ohne Umbruch. Die Wirkung bei einjährigen Blühstreifen ohne Lagetreue ist deutlich geringer als die eines fünfjährigen, lagetreuen Schonstreifens oder neu angelegter Hecken, die den Beseitigungsverboten unterliegen. Zum einen basiert das Ergebnis auf den Angaben der vereinfachten Humusbilanz, welche vorwiegend von den angebauten Kulturarten abhängig ist, und auf den ökologischen 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. Der Beitrag geht vorwiegend von den betrachteten Flächenmaßnahmen (AUKM, ÖKO) aus. Der **ökologische Landbau** leistete mit rund 92 % den stärksten Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung im Boden, v. a. da ein deutlich

höherer Anteil humusmehrender Kulturen angebaut wurde. Daneben nahmen die beiden flächenmäßig starken **Vorhabenarten Zwischenfruchtanbau und Untersaaten** (auch winterhart) zusammen 3 % des Beitrags ein. Hier besteht die Bodenbedeckung als zentraler Wirkfaktor nur über wenige Monate im Jahr, was bei der Wirkdauer berücksichtigt werden muss. Ihre Wirkung entfaltet sich erst langfristig bei einer Umsetzung mehrerer Jahre hintereinander. Die **investiven Teilmaßnahmen** leisteten einen geringen und nicht quantifizierbaren Beitrag zur Humusanreicherung im Boden. Allerdings ist der Beitrag im Vergleich zu den Flächenmaßnahmen aufgrund der anderen Zielsetzungen und der geringeren Datenverfügbarkeit aus Bodenschutzsicht weniger deutlich. Im Schnitt war der Beitrag der investiven Teilmaßnahmen als gering positiv zu bewerten. Bei der Flurbereinigung, dem Speziellen Arten- und Biotopschutz sowie der Fließgewässerentwicklung und dem EELA-Vorhaben nahmen die umgesetzten Grünstreifen und Hecken nur einen geringen Umfang im Gegensatz zu den gesamten Vorhaben/Verfahren/Projekte ein. Auf das Bewertungskriterium Kohlenstoffspeicherung im Boden wurde mit den betrachteten investiven Teilmaßnahmen nicht abgezielt. Die Beiträge des Bodenerosionsschutzes können bei der Lagetreue aber auch für die Kohlenstoffspeicherung angerechnet werden. Hier ist die Wirkdauer auch deutlich länger als die Flächenmaßnahmen, weshalb hier die Wirkung für das Bewertungskriterium deutlich höher einzustufen ist. Bei den der Einzelbetrieblichen Beratung (EB) und EIP-Agri ist die Wirkung für die Kohlenstoffspeicherung im Boden als neutral bis hin zu leicht positiv zu bewerten. Die Wirkungen können sich erst langfristig bei Etablierung der Innovationsvorhaben über EIP-Agri entfalten oder sind bei der einzelbetrieblichen Beratung auch sehr von anderen Faktoren abhängig, die zu einer verstärkten Umsetzung von bodenbezogenen AUKM und dem ökologischen Landbau führen.

Für den Wirkungsindikator **I.13: Bodenerosion durch Wasser, Anteil der Förderflächen auf besonders erosionsgefährdeten Flächen**, sind zwei Unterindikatoren vorgesehen (Tabelle 39):

- zum einen die geschätzte Rate an Bodenverlust durch Wassererosion, gemessen in Tonnen/Hektar/Jahr.
- zum anderen die geschätzte Ackerfläche, die durch eine gewisse Wassererosionsrate betroffen ist, sowohl in Hektar als auch in Prozent.

Für den ersten Unterindikator kann der quantifizierte Wert der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) herangezogen werden, welcher den kalkulierten maximalen Bodenabtrag der Flächenmaßnahmen pro Hektar und Jahr zum jeweiligen Förderhöchststand (bei AL21 und AL5 der dritthöchste Stand) abbildet. In der Summe sind dies jährlich zwischen 0,3 bis 0,5 t/ha*a. 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 nur bei 169 ha überschritt, ist dies als positiver Einfluss zu werten. Die Wirkungsbeiträge zu den geringen Bodenabträgen gehen zum einen auf die hohe Bodenbedeckung (wie z. B. bei den Streifenmaßnahmen, was einem geringen Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor entspricht) und zum anderen auf die z. T. hohen Anteile in der erosionsgefährdeten Kulisse (bei den Erosionsschutzstreifen relativ zur Förderfläche) zurück.

Ein Beitrag der investiven Maßnahmen zum Schutz des Bodens vor Wassererosion geht von wenigen Vorhaben/Verfahren/Projekte aus. Beispiele sind die umgesetzten Maßnahmen im Rahmen der Flurbereinigung und des investiven Naturschutzes (z. B. neu eingebrachte Biotopelemente, s. o.). Die Wirkungen sind demnach als gering positiv einzustufen. Bei der Einzelbetrieblichen Beratung und der EIP-Agri-Förderung ist die tatsächliche Umsetzung des Gelernten bzw. das erfolgreiche Etablieren der Innovationen in der Praxis die Voraussetzung für eine Wirkung in der Fläche, weshalb auch hier der Wirkungsbeitrag jeweils als gering positiv einzustufen ist.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ausbauend aus 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 FP und den Regelungsrahmen, um den geforderten Bodenschutzbeitrag zu erweitern.

Die Mitgliedstaaten/Bundesländer 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 (Bundesländer) und seit 2023 auch der Ökoregelungen der ersten Säule der GAP (Bund) zum Bodenschutz.

In der FP ab 2023 werden zwar viele der hier betrachteten Maßnahmen nicht vergleichbar im Rahmen des GAP-Strategieplans angeboten, u. a., weil diese teilweise durch bundesweit angebotene Ökoregelungen ersetzt wurden. Die Empfehlungen, die im Folgenden auf der Grundlage der Analyseergebnisse gegeben werden, 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 sind sehr gut geeignet, die Handlungsfelder Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden zu bedienen, da über 96 % der LF in Niedersachsen und Bremen über die Direktzahlungen erreicht wurden (Destatis, 2024). Hier wäre eine Anhebung der GLÖZ-Standards aus Bodenschutzsicht sinnvoll, um das Umweltniveau insgesamt 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 ELER-Budgets für den Bodenschutz

Die zweite Säule hat ein hohes Potenzial, Maßnahmen mit Bodenschutzziel zielgerichtet umzusetzen. Dies konnte am Beispiel der Erosionsschutzstreifen und Windschutzhecken gezeigt werden. Die entsprechenden Wirkungsfaktoren werden dort zielgenau bedient. Allerdings wurden die von Wasser- und Winderosion stark gefährdeten Ackerflächen mit ca. 5,5 % (Winderosionskulisse) und 14,5 % (Wassererosionskulisse) mit den relevanten Maßnahmen zu wenig erreicht. Besonders bei den Windschutzhecken war die Inanspruchnahme mit nur 5 % der CC_{Wind}-Kulisse zu gering, um ausreichend Fläche zu erreichen. Hier ist es angebracht, zum einen die bestehenden Maßnahmen inhaltlich anzupassen (siehe Empfehlungen unten) und/oder neue, zusätzliche Maßnahmen anzubieten, die mehr Fläche erreichen, um auch dem Handlungsbedarf gerecht zu werden. Mit Anhebung des Gesamtbudgets für bodenbezogene Maßnahmen im Rahmen des ELER kann die Reichweite der Maßnahmen gesteigert werden.

Weitere bodenschutzrelevante Themen wie Bodenverdichtung und Flächenversiegelung werden durch den ELER nur randständig adressiert. Geringfügig thematisiert wird die Flächenversiegelung beispielweise im Rahmen des Wegebaus in der Flurbereinigung. Hierüber hinaus gibt es Möglichkeiten, diese Bedarfe im Rahmen von Maßnahmen (investiv oder AUKM) aufzugreifen, z. B. in Form von Förderung bodenschonender Bewirtschaftungsmaßnahmen oder Finanzierung von Entsiegelungsvorhaben.

Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten – Grundförderung und Zusatzförderung winterhart (AL21, AL22)

Da die Maßnahme zum einen eine hohe Inanspruchnahme erzielt hat und zum anderen hinsichtlich der Effizienz die geringsten Implementationskosten und Gesamtkosten je Hektar Förderfläche aufweist, ist es sinnvoll, an dieser Art der Förderung prinzipiell in Zukunft festzuhalten. Auch die IK und Gesamtkosten in Bezug auf den vermiedenen Bodenabtrag sowie den gespeicherten Kohlenstoff sind mit am geringsten, was für eine Beibehaltung spricht.

Lenkung auf die Erosionsschutzkulisse

Der Zwischenfruchtanbau wurde nicht gezielt auf die durch Wassererosion gefährdeten Gebiete gelenkt. Die Förderung sollte aus Bodenschutzsicht, bei AL21 bewusst mit einer SPB 4C-Zielsetzung, eine Verringerung des Bodenabtrags an sich, einen Schutz vor Eintrag des abgetragenen Materials in die Gewässer sowie eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit unterstützen (ML, 2015). Die Wirkungsfaktoren der Bodenbedeckung zur Senkung der Anfälligkeit gegenüber der erosiven Kraft des Wassers (und auch des Windes) werden bedient. Allerdings sollte die Lage der mit ZWF bestellten Flächen hinsichtlich der Erosionsschutzkulissen optimiert werden. Dazu wären zwei Optionen denkbar:

- Zum einen könnte die Prämie nach der Lage in der E_{nat}-Kulisse gestaffelt werden, je höher die E_{nat}-Wasser-Klasse, desto höher die Prämie, da mit derselben Bodenbedeckung ein höherer Schutz vor Abtrag verbunden ist. Damit wird allen Landwirt:innen unabhängig von der Lage der Flächen eine Teilnahme an der Förderung ermöglicht.
- Zum anderen könnte die Kulisse der Förderung auf die stärker erosionsgefährdeten Bereiche (ab E_{nat} 3, mittlere Erosionsgefährdung) gelenkt werden, womit eine gezielte Lenkung der Flächen erreicht wird. Hier ist die Prämie entsprechend des höheren Aufwandes für die Bewirtschaftung (z. B. andere Bewirtschaftung am Hang) anzupassen.

Zwischenfrüchte/Untersaaten diverser gestalten

Um die Wirkung für die Kohlenstoffspeicherung im Boden bzw. für den Humusaufbau zu erhöhen, sollte den Erkenntnissen von Guggenberger und Gentsch (2023) und Westerschulte (2024) gefolgt werden, die Zwischenfrüchte diverser bzw. in Form von Mischungen verschiedener Kulturen zu gestalten. Mit einer steigenden Artenvielfalt der Zwischenfrüchte werden u. a. der Kohlenstoffkreislauf optimiert und die Mineralisation der Zwischenfruchtstreu verbessert, was eine Steigerung der Bodenfruchtbarkeit bewirkt. Dazu wären in den Förderbedingungen eine Mindestanzahl (z. B. vier) an Fruchtarten pro Fläche vorzusehen und optimalerweise auch besonders humusmehrende Kulturen zu verwenden.

Größerer Anteil humusmehrender Zwischenfrüchte/Untersaaten

Der Anteil humusmehrender Kulturen für die Zwischenfrüchte und Untersaaten sollte gesteigert werden, um das Potenzial des Eintrags an Kohlenstoff in den Boden zu erhöhen. Auch ohne Leguminosen (Ausnahme mit ökologischem Landbau), welche bei der Vorhabenart AL22 ausgeschlossen waren, sind andere humusmehrende Kulturen als ZWF und Untersaaten geeignet. Denkbar wäre, einen festen Anteil humusmehrender Kulturen zu fordern. Weiterhin wäre es möglich, eine Positivliste für die ZWF und Untersaaten zu führen (wie aktuell bei der Vorhabenart AL22), und dort mehr oder ausschließlich humusmehrende Kulturen aufzunehmen.

Mulchen der Zwischenfrüchte nach verpflichtender Standzeit

Zudem ist aus Erosionsschutzsicht zu empfehlen, die Zwischenfrüchte nach der verpflichtenden Standzeit mechanisch zu zerkleinern (Mulchen, Messerwalze, Kurzscheibenegge). Diese Pflanzenreste stehen dann den Regenwürmern besser als Nahrungsquelle zur Verfügung. Somit wird wiederum die Bildung einer guten

Bodenstruktur mit stabilen Grobporen unterstützt, welche mit der erhöhten Wasserinfiltration wesentlich für den Schutz vor Wassererosion ist (Honecker et al., 2022; NAN, 2025).

Mehrjährige Schonstreifen – Rotmilan (BS6)

Nach den IK je Tonne vermiedenem Bodenabtrag sowie je Tonne gespeichertem Kohlenstoff zeichnet sich diese Maßnahme durch eine gute Effizienz aus. Diese ist sogar noch besser als die mit SPB 4C programmierten Maßnahmen. Demnach sollte diese Maßnahme zur nächsten Möglichkeit wieder in die Förderung aufgenommen werden. Es bestehen zudem sehr große Wirkpotenziale, trotz bisheriger Zielsetzungen im Biodiversitätsbereich, welche durch einen Umbau der Förderung (siehe dazu Abschnitt Umbau des bodenbezogenen Maßnahmenangebots) hinsichtlich des Erosionsschutzes optimiert werden könnten.

Erosionsschutzstreifen (BS71)

Aufbauend auf den Ergebnissen der Effizienzanalyse in Bezug auf die IK je Tonne vermiedenem Bodenabtrag schneidet die Maßnahme neben AL21 bei den mit SPB 4C programmierten Maßnahmen am günstigsten ab. Aus Ressourcenschutzsicht ist sie bezogen auf den vermiedenen Bodenabtrag je Hektar am wirkungsvollsten. Dies spricht für eine Beibehaltung/Wiederaufnahme der Maßnahme. Für die Erosionsschutzstreifen wird den Schlussfolgerungen des entsprechenden Bewertungsberichts gefolgt (Scholz, 2024). Die Empfehlungen umfassen u. a.

- eine Erhöhung der Mindestbreite der Streifen,
- die Forderung nach der Beibehaltung der Nutzung des Aufwuchses und den frühen Anlagezeitpunkt,
- die Steuerung der Verortung auf erosionsanfällige (Teil-)Gebiete,
- eine Erweiterung der Förderkulisse sowie
- ein Ausbau der Beratung hinsichtlich der Anlage der Streifen. Zudem könnte die räumlich integrative Sichtweite gefördert werden, um auch im größeren Kontext, Synergieeffekte für den Schutz vor Wassererosion zu erzielen.

Gewässerschutzstreifen (BS72)

Die Gewässerschutzstreifen sind nach der Wirkungsanalyse sehr sinnvoll und wurden auch gut angenommen (geplanter Output: 300 ha, erreichter Output: über 500 ha). Demnach sollte so eine Förderung weiterhin angeboten werden. Abgegrenzt werden muss die Förderung immer zum sich in diesem Themenbereich in der Vergangenheit sehr häufig veränderten Ordnungsrecht (siehe auch unten Niedersächsischer Weg). Das sich sehr häufig verändernde Ordnungsrecht und auch die Änderungen in den Konditionalitäten machen allerdings eine häufige Nachjustierung an die Auflagen bzgl. der Düngung und der PSM-Anwendung sowie der verpflichtenden Begrünung erforderlich. Aus Erosionsschutzsicht sind besonders bei nur temporär wasserführenden Flüssen, Gebieten mit einer „hohen Gewässerdichte“ (NWG § 58) oder lange, leicht geneigte Ackerschläge mit einer Hangneigung unter durchschnittlich 5 % (WHG § 38a) sind Gewässerrandstreifen wichtig und sollten gefördert werden.

Berücksichtigung der Vorgaben des Niedersächsischen Weges

Um in Zukunft die Wirksamkeit noch zu erhöhen, sollten die geltenden Vorgaben des Niedersächsischen Weges bei der Prämienkalkulation Berücksichtigung finden oder die Kulissen aus der Förderung ausgeschlossen werden. Somit können für den Gewässerschutz Streifen angelegt und gefördert werden, welche nicht durch das Ordnungsrecht vorgeschrieben sind, um die Wirkung zu erhöhen und eine gewisse Lenkung der Streifen zu erreichen.

Anlage von Hecken zum Schutz vor Winderosion (BS8)

Die Windschutzhecken haben das gesetzte Ziel von 40 ha mit ca. einem Hektar weit verfehlt. Gründe liegen in der längeren Verpflichtungszeit von sieben Jahren sowie vor allem dem danach anschließenden Schutz der neu gepflanzten Hecken als Landschaftselement im Sinne von § 8 Abs. 1 AgrarZahlVerpflV. Sie unterliegen aufgrund von CC dem Beseitigungsverbot.

Beibehaltung der Dimensionierung, UNB-Bestätigung und standorttypischem Laubgehölze

Die Förderbedingungen treffen genau die Ansatzpunkte der Winderosionsgefährdung. Demnach sollten die Vorgaben zur Breite und Anzahl der Hecken, der Lage quer zur Hauptwindrichtung, die Bestätigung der Anlage durch die UNB sowie die Wahl der standorttypischen Laubgehölze beibehalten werden.

Förderkulisse erweitern

Zudem wäre es denkbar, die Förderkulisse über die bisherigen Bedingungen etwas auszuweiten, um auch weitere Flächen zu erreichen. Ein Vorschlag ist die Aufnahme der E_{nat}3-Klasse für Winderosion. Auch in diesen Regionen ist eine Reduzierung der Windgeschwindigkeit noch wirksam.

Überführung in investive Förderung

Auch eine Förderung als investive Maßnahme ist sinnvoll, da die Ergebnisse der Effizienzanalyse sehr hohe IK und Gesamtkoten je Hektar Förderfläche aufgezeigt haben. Damit wird eine Förderung nicht mehr auf den Hektar bezogen. Durch den entsprechenden Grunderwerb können die Flächen dauerhaft der Ackernutzung entzogen werden und dadurch die Wirkungen für den Bodenschutz deutlich erhöhen. Dies bietet sich auch in Zusammenhang mit der Flurbereinigung an, da dort bereits in der Vergangenheit Hecken angelegt wurden.

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. der K_{Wasser}-Kulisse (Wassererosion) und K_{Wind}-Kulisse (Winderosion) könnte sich die Prämie abhängig von der erreichten Gefährdungsstufe bemessen.

Prämie für 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}-Stufe abhängig ist. Dazu wäre eine steigende Prämienhöhe mit zunehmender Förderfläche innerhalb der jeweiligen E_{nat}-Stufe möglich.

Lenkung auf kohlenstoffreiche Böden

Um noch mehr kohlenstoffreiche Böden mit Fördermaßnahmen zu erreichen, welchen den Aufbau an organischen Bodenkohlenstoff erhöhen, kann eine zusätzliche Prämie gezahlt werden, abhängig von dem geförderten Flächenanteil innerhalb der Kulisse. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass zu allererst aus Klimaschutzaspekten eine Wiedervernässung von dafür geeigneten organischen Böden angestrebt werden sollte. Oder einen Schutz der Böden vor Freisetzung des gespeicherten Kohlenstoffs mit einer Umwandlung in Grünland. Ist dies nicht möglich/erwünscht, wäre ein Aufbau des Bodenkohlenstoffs über die zusätzliche Maßnahmen-Prämie eine Lenkungsmöglichkeit, um diese Flächen zu erreichen.

Stärkere Integration der Erosion und Kohlenstoffspeicherung im Boden in die Beratung

Denkbar ist auch eine stärkere Verknüpfung mit den landwirtschaftlichen Beratungen (z. B. über einzelbetriebliche Beratung), um die Themen Bodenerosion und vor allem die Winderosion sowie

Kohlenstoffspeicherung im Boden/humusschonende Bodennutzung stärker in den Fokus zu stellen (einzelnes Beratungsthema) und die bestehenden PFEIL-Maßnahmen vermehrt vor Ort einzubringen.

Aktualität der Themen wertschätzen

Auch in den nächsten Jahren werden die Ziele Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung im Boden aktuell sein. Die 2024 verabschiedete Verordnung über die Wiederherstellung der Natur (restoration law, EU (VO) 2024/1991 (EU, 2024)) 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 Klimawandels höhere Temperaturen zu einer schnelleren Zersetzung der organischen Substanz im Boden durch Mikroorganismen führen. Nur so kann das aktuelle Niveau des Bodenkohlenstoffvorrats 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; Bug et al., 2025). Dies wurde auch in einer weiteren Veröffentlichung von Bug et al. (2025) speziell für Niedersachsen thematisiert. Sie projizieren auf Grundlage von Modellierungen deutlich steigende Abtragsmengen in den Jahren bis 2100 für alle Bodenregionen, mit im Schnitt + 10,3 % (Bug et al., 2025).

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 wurden wichtige bodenbezogene Themen aufgegriffen (BMEL, 2021; BMUV, 2024).

Literaturverzeichnis

Ad-Hoc-AG Boden, Hennings, V. (2000) Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Geologisches Jahrbuch Sonderhefte Reihe G Heft SG 1

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]

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 (2024) Bewertungsbericht zur Fördermaßnahme „Fließgewässerentwicklung“ (7.6): Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL), hg. v. Thünen Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen. 5-Länder-Evaluation, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn068452.pdf> [zitiert am 6.12.2024]

Bathke M (2025a) Bewertungsbericht zu den Fördermaßnahmen des investiven Naturschutzes: ELER-Code 7.1 EELA-P: Erhalt und Entwicklung von Lebensräumen und Arten, Planung ELER-Code 7.6 EELA-V: Erhalt und Entwicklung von Lebensräumen und Arten, Vorhaben ELER-Code 7.6 SAB: Spezieller Arten- und Biotopschutz. Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). 5-Länder-Evaluation 13/2025, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2025/13-2025_NI_EELA_SAB.pdf> [zitiert am 24.10.2025]

Bathke M (2025b) Bewertungsbericht zur Fördermaßnahme „Flurbereinigung“ (ELER-Code 4.3): Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). 5-Länder-Evaluation 12/2025, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/publikationen/projektberichte/5-laender-bewertung> [zitiert am 4.8.2025]

Bathke M, Becker S, Bergschmidt A, Eberhardt W, Ebers H, Fengler B, Flint L, Franz K, Forstner B, Grajewski R, Peter H, Pollermann K, Raue P, Reiter K, Roggendorf W, Rorig F, Sander A, Schwarze S, Scholz J (2024) Feinkonzept zum Bewertungsplan PFEIL - Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen. Stand 02/2024 (unveröffentlicht), 232 p

Bathke M, Tietz A (2016) Ex-post-Bewertung PROFIL 2007 bis 2013 : Modulbericht 5.6_MB© Maßnahmenbewertung Flurbereinigung (ELER-Code 125-A). Braunschweig, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/7-Laender-Bewertung/2016/NI/5-6_MB_c_Massnahmenbewertung_Flurbereinigung.pdf>

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] (2021) 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]

BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit] (2016) Klimaschutzplan 2050: Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, zu finden in <https://www.bmu.de/publikation/klimaschutzplan-2050/> [zitiert am 15.12.2020]

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]

BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) (2009), zu finden in <http://www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf> [zitiert am 2.9.2019]

Brand-Sassen H (2004) Bodenschutz in der deutschen Landwirtschaft - Stand und Verbesserungsmöglichkeiten, Georg-August-Universität Göttingen (Uni Göttingen). Diplomarbeit, zu finden in <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2004/brandt-sassen/brandt-sassen.pdf> [zitiert am 2.9.2019]

Bremische Bürgerschaft (2022) Klimaschutzziele des Senats der Freien Hansestadt Bremen: Sachverhalt/Frage/Aktuelle Stunde: Mitteilung des Senats an die Bremische Bürgerschaft (Landtag) vom 7. Juni 2022. Drucksache Land(20), zu finden in <https://umwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/top%207_20220607_Klimaschutzziele_des_Senats.pdf> [zitiert am 29.8.2024]

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>

Brügge K, Don A (2025) Einfluss der ökologischen Landwirtschaft auf den Bodenkohlenstoff – Ergebnisse aus Bodeninventu- ren in Deutschland, hg. v. Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI). Thünen Report, zu finden in <https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Th%C3%BCnen_Report_125.pdf>

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]

Bug J, Kirchner A, Ott S, Thiermann A, Röder C (2025) Bodenerosion durch Wasser im Klimawandel. Geofakten(46.3), zu finden in <https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/Geofakten_46_3_2025_Text_2.pdf>

Bundesregierung (2023) Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung, zu finden in <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/20231004-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=10> [zitiert am 29.8.2024]

COM (2020) 380 final: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben (2020)

COM (2020) 381 final: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. „Vom Hof auf den Tisch“ - eine Strategie für ein faires, gesundes und umweltfreundliches Lebensmittelsystem (2020)

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]

Conant RT, Paustian K, Elliott ET (2001) Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. Ecological Applications:343-355, zu finden in <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/1051-0761%282001%29011%5B0343%3AGMACIG%5D2.0.CO%3B2> [zitiert am 25.11.2024]

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]

Destatis (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]

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

Die Bundesregierung (2021) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie: Weiterentwicklung 2021, zu finden in <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bcdc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf?download=1> [zitiert am 18.8.2021]

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 (2021) Klimaschutz durch Hecken: Erste Ergebnisse aus dem Projekt CarboHedge. Bioökonomie in Niedersachsen & Schleswig-Holstein: Agroforst, hg. v. Thünen Institut für Agrarklimaschutz [zitiert am 25.11.2024]

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, 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]

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]

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) EIP-Projekt-Datenbank: Informationen zu allen Forschungsprojekten, die bislang in Deutschland von der EU und den Bundesländern über EIP-Agri gefördert wurden, zu finden in <https://www.dvs-gap-netzwerk.de/agrar-umwelt/eip-agri/eip-projekt-datenbank/> [zitiert am 10.12.2024]

Eberhardt W (2021) Evaluierung der Einzelbetrieblichen Beratung (TM 2.1) zum 2. Vergabezeitraum 2019-2020: Umsetzung, Corona-Auswirkungen und künftige Ausrichtung: PFEIL – Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2020 in Niedersachsen und Bremen. Braunschweig: Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR), 5-Länder-Evaluation 4/2021, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2021/4_2021-NI_EB_MS.pdf> [zitiert am 17.10.2024]

Engel N, Müller U, Stadtmann R, Harders D, Höper H (2020) Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. Hannover 2020, hg. v. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), zu finden in <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/50910> [zitiert am 9.2.2024]

Engel N, Prause D (2021) Erhalt und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in der Planungspraxis. Geofakten(31)

entera (2022) Jährlicher Durchführungsbericht 2021: über die Umsetzung von PFEIL 2014-2022, Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen 2014 bis 2022, hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML)

ErosionSchV 2016: Verordnung über erosionsgefährdete landwirtschaftliche Flächen Vom 16. Dezember 2015 (2015), zu finden in <https://www.voris.niedersachsen.de/jportal/portal/page/bsvorisprod.psml/action/portlets.jw.MainAction?eventSubmit_doNavigate=searchInSubtreeTOC&showdoccase=1&doc.id=jlr-ErosionSchVND2016pAnlage&doc.part=G> [zitiert am 10.11.2022]

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] (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-KOM [Europäische Kommission] (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-KOM [Europäische Kommission] (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-KOM [Europäische Kommission] (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-KOM [Europäische Kommission] (2020a) 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-KOM [Europäische Kommission] (2020b) 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]

EU-KOM, DG AGRI [EUROPEAN COMMISSION – Directorate-General for Agriculture and Rural - Unit A.3] (2023) CMEF 2014-2020 - Context indicators (update January 2023), zu finden in <https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/1e3d1b8a-6813-4493-a3d8-2dcdf6279189_en?filename=context-indicator-fiches_en.pdf>

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]

Europäisches Klimagesetz: Verordnung des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1999 (2021), zu finden in <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080> [zitiert am 30.7.2021]

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

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)

FlurbG: Flurbereinigungsgesetz (2008), zu finden in <https://www.gesetze-im-internet.de/flurbg/FlurbG.pdf> [zitiert am 2.9.2020]

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 (2021): GAPDZG. In: Bundesgesetzblatt I [zitiert am 7.12.2021]

Grajewski R, Bathke M, Bergschmidt A, Eberhardt W, Ebers H, Fengler B, Forstner B, Franz K, Gröner C, Peter H, Pollermann K, Pufahl A, Raue P, Reiter K, Sander A, Roggendorf W (2019) Ergebnisse der laufenden Bewertung von PFEIL - Beitrag zu Kapitel 7 des erweiterten Durchführungsberichts 2018. Braunschweig: Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR); Thünen-Institut für Betriebswirtschaft (TI-BW); Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie (TI-WF); entera Umweltplanung & IT, 5-Länder-Evaluation 13/2019, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/Fortschrittsbericht-NI_HB-2019_mit_Beitrag_Kapitel_7-endg.pdf> [zitiert am 7.1.2025]

Grajewski R, Becker S (2026) Implementation des Programms zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen (PFEIL 2024-2022): Aufwand, Kosten und Bestimmungsfaktoren. 5-Länder-Evaluation (im Druck)

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]

Harbo LS, Schulz G, Heinemann H, Dechow R, Poeplau C (2022) Flower strips as a carbon sequestration measure in temperate croplands. Plant and Soil. doi: 10.1007/s11104-022-05718-5, zu finden in <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-022-05718-5> [zitiert am 8.11.2022]

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]

Höper H, Meesenburg H (2021) 30 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen, hg. v. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG). Geoberichte, zu finden in <https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/GB_39_Text_7_Arial_web_neu.pdf> [zitiert am 20.11.2025]

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

JRC [Joint Research Centre] (2016) european soil data centre (ESDAC): Wind Erosion. Soil loss by wind erosion in European agricultural soils. Work performed by a modified version of RWEQ, zu finden in <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/wind-erosion1> [zitiert am 29.8.2024]

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]

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]

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 (2019), 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]

Landesamt GeoInformation Bremen (2024) Bodenkundliche Karte Land Bremen: Der Datensatz umfasst eine Bodenkundliche Beschreibung der Schichten in der Tiefe von 0 bis 2 m unter Gelände für das Land Bremen, zu finden in <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/F056B23E-DED7-4BAD-B036-D5CEC1FFBC16> [zitiert am 20.11.2025]

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2015) Erosionsgefährdung durch Wasser: Potenzielle Wassererosionsgefährdung der landwirtschaftlichen Fläche in Niedersachsen, zu finden in <https://www.lbeg.niedersachsen.de/boden_grundwasser/landwirtschaft/bodenerosion/wassererosion/erosionsgefaehrdung-durch-wasser-607.html> [zitiert am 10.11.2022]

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2017a) Handlungsempfehlungen zur frühzeitigen Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes in Planungsverfahren zur Erdkabelverlegung: März 2017, zu finden in <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/118162/Handlungsempfehlungen_Bodenschutz_Erdverkabelung.pdf> [zitiert am 4.9.2024]

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2017b) Methodik zur Einteilung von landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung durch Wasser gemäß § 6 Abs. 1 der Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung in Niedersachsen, zu finden in <file:///C:/Users/Scholz/Downloads/Ermittlung_der_potenziellen_Wassererosionsgefhrdung_auf_Feldblockebene-1.pdf> [zitiert am 10.11.2022]

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2022) Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser gemäß Anlage 2 der Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung (Cross Compliance): NBIS Kartenserver Datensatz, zu finden in <https://nibis.lbeg.de/net3/public/ikxcms/default.aspx?pgid=130> [zitiert am 10.11.2022]

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (o.J.) Erosionsgefährdung durch Wind: Karte: Potenzielle Winderosionsgefährdung - ermittelt nach DIN 19706, zu finden in <https://www.lbeg.niedersachsen.de/boden_grundwasser/landwirtschaft/bodenerosion/winderosion/erosionsgefaehrdung-durch-wind-606.html> [zitiert am 26.2.2024]

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]

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

LK Lüchow-Dannenberg (2023) Zusammenfassender Projektbericht 2020-2022 für das SAB-Projekt „Neuanlage von Hecken“ D551.6-22323-DAN-19/301: inkl. Geodaten, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN); Bewilligungsbehörde GB2 [zitiert am 11.2.2025]

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]

LWK NRW [Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen] (2015) 2015 Ratgeber Förderung. Münster, zu finden in <www.lz-rheinland.de> [zitiert am 2.9.2019]

Maetens W, Poesen J, Vanmaercke M (2012) How effective are soil conservation techniques in reducing plot runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean? Earth-Science Reviews 115(1-2):21-36. doi: 10.1016/j.earscirev.2012.08.003, zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825212001006> [zitiert am 18.12.2023]

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_kohlenstoff-sequestrierung_.pdf> [zitiert am 16.5.2025]

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]

Meyerhoff E (2011) Hecken planen, pflanzen, pflegen: Eine praktische Anleitung für Landwirte, hg. v. Bioland Beratung GmbH, Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH (KÖN), Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Bio Austria, zu finden in <https://www.bioland.de/fileadmin/user_upload/Erzeuger/Fachinfos/Merkblaetter/Hecken.pdf> [zitiert am 22.1.2025]

ML [Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2017a) Jährlicher Durchführungsbericht Germany - Rural Development Programme (Regional) - Lower Saxony + Bremen (Zeitraum 01/01/2016 - 31/12/2016). Hannover, zu finden in <http://docreader.readspeaker.com/docreader/?cid=bvkrg&lang=de_de&url=https://www.ml.niedersachsen.de/download/121777> [zitiert am 2.9.2019]

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (o.J.) Verordnung über erosionsgefährdete landwirtschaftliche Flächen, zu finden in <https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/service/archivierte_beitrage/amstperiode_lindemann/verordnung-ueber-erosionsgefaehrdete-landwirtschaftliche-flaechen--93881.html> [zitiert am 10.11.2022]

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2015) PFEIL - Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 - 2020. Zuletzt geändert am 29.05.2015. Von der Europäischen Kommission angenommen. Version 1.6 (mit nationaler Rahmenregelung konsolidiert 2014DE06RDNF001 - v1.3)

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2017b) Erweiterter Jährlicher Durchführungsbericht 2016 über die Umsetzung von PFEIL 2014-2020, zu finden in <https://www.ml.niedersachsen.de/download/121777> [zitiert am 28.8.2019]

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2020) Programme zur Entwicklung des ländlichen Raums: Version 6.2. 2014DE06RDRP012 [zitiert am 9.11.2022]

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2021) Programm zur Entwicklung des ländlichen Raums: Version 8.1. (Mit nationaler Rahmenregelung konsolidiert2014DE06RDNF001 - v9.0 - Gesendet) [zitiert am 4.12.2023]

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2022) Programme zur Entwicklung des ländlichen Raums: 9.1 (Mit nationaler Rahmenregelung konsolidiert2014DE06RDNF001 - v9.1 - Von der Europäischen Kommission angenommen)

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2025a) Flurbereinigung in Niedersachsen: Landentwicklung durch Bodenordnung, Bodenmanagment und Verbesserung der ländlichen Infrastruktur, zu finden in <https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/entwicklung_des_landlichen_raums/zile_zuwendungen_zur_integrierten_landlichen_entwicklung/flurbereinigung-in-niedersachsen-4711.html> [zitiert am 5.5.2025]

ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2025b) Zahlungsdaten (alle Vorhaben, ohne Einzahlungen) für den jährlichen Durchführungsbericht, gruppiert nach Fördermaßnahme, 2015 bis 2024. E-Mail vom 14.03.2025

Möckel S, Köck W, Rutz C, Schramek J (2014) Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft (Texte des Umweltbundesamtes 42/2014). Umweltbundesamt, zu finden in <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_42_2014_rechtliche_und_andere_instrumente.pdf> [zitiert am 2.9.2019]

Möller A, Kennpohl A (2014) Abschätzung von CO2-Emissionen und -Retentionen durch Landnutzungsänderungen anhand regionalisierter Kohlenstoffvorräte auf landwirtschaftlich genutzten Böden Niedersachsens. Geoberichte, zu finden in <https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/GB_27_Text_web_klein.pdf> [zitiert am 19.5.2025]

Montanarella L, Panagos P (2021) The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. Land Use Policy(100), zu finden in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837720304257?via%3Dihub> [zitiert am 4.12.2024]

MU [Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz] (2017) Niedersächsische Naturschutzstrategie. Ziele, Strategien und prioritäre Aufgaben des Landes Niedersachsen im Naturschutz. Hannover, 56 p

MU [Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz] (ed) (2021) Niedersächsische Klimaschutzstrategie 2021, zu finden in <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/178369> [zitiert am 29.8.2024]

MU [Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz], ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz], NABU Landesverband Niedersachsen e.V., BUND Landesverband Niedersachsen e.V., Landvolk Niedersachsen, Landesbauernverband e.V., LWK NI [Landwirtschaftskammer Niedersachsen] (2020) Der Niedersächsische Weg: Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten- und Gewässerschutz, zu finden in <https://www.niedersachsen.de/download/160156/Der_Niedersaechsische_Weg_Massnahmenpaket_fuer_den_Natur-_Arten-_und_Gewaesserschutz_Gesamtausgabe_07-22_.pdf> [zitiert am 28.11.2022]

MU [Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz] (2020) Auf gutem Grund: Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen, zu finden in <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/157133/Auf_gutem_Grund_-_Aktionsprogramm_zum_Schutz_der_Boeden_in_Niedersachsen_2020_.pdf> [zitiert am 10.11.2022]

MU [Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz], ML [Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2022) Der Niedersächsische Weg: Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten- und Gewässerschutz. Gesamtausgabe (Stand 07/2022), zu finden in <https://www.niedersachsen.de/download/160156/Der_Niedersaechsische_Weg_Massnahmenpaket_fuer_den_Natur-_Arten-_und_Gewaesserschutz_Gesamtausgabe_07-22_.pdf> [zitiert am 8.1.2024]

Naaf T, Kernecker M, Weidt H, Bülow S, Vierling A (2025) Social network analysis among German farmers reveals potentials to overcome the production–conservation dichotomy in land use. People and Nature:1-18. doi: 10.1002/pan3.70183

NBank (2024) Liste der Vorhaben (List of operation), Niedersächsisches fonds- und zielgebietsübergreifendes Operationelles Programm für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE): – Multifondsprogramm – für die EU- Strukturfondsförderperiode 2014-2020. Stand 31. März 2024 mit Korrekturen Juni 2024

Netzwerk Ackerbau Niedersachsen e.V. (NAN) (2025) 2. Tagung zu Bodenfruchtbarkeit und Wasserschutz: Die Rolle von Humus und Bodenleben: Rückblick auf die gemeinsame Veranstaltung des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbands (OOWV) und des Ackerbauzentrums Niedersachsen mit Unterstützung durch die Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V. (GKB) am 20. Februar 2025 auf Gut Moorbeck in Großenkneten, zu finden in <https://netzwerk-ackerbau.de/rueckblick-2-tagung-zu-bodenfruchtbarkeit-und-wasserschutz/> [zitiert am 19.3.2025]

Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (Niedersächsisches Klimagesetz) (2020): NKlimaG In: Nds. GVBl.: p 464, zu finden in <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/source/csh-da-filter%21a52e918e-8a02-41f8-8b62-1c4b6a92ff6a--WKDE_LTR_0000003520%23e39c18c95b35359288b424fcd6d813b4> [zitiert am 29.8.2024]

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]

Noring M, Jörnling A, Dahlöf C-A, Zehaie F, Klintäng AH, Kätterer T (2023) Effekten pa kolinlagring i ackermark: Utvärdering av stöd i landsbygdprogrammet 2014-2022. Utvärderingsrapport, zu finden in <https://eu-cap-network.ec.europa.eu/sites/default/files/publications/2024-06/evaluation-of-the-effect-on-carbon-storage-in-arable-land.pdf> [zitiert am 19.5.2025]

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]

Pecoroni D, Peter M (2021) Anlage von Erosionsschutzstreifen: Bodenschutz in Hessen, hg. v. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV), zu finden in <file:///C:/Users/Scholz/Downloads/Anlage_von_Erosionsschutzstreifen_bf.pdf> [zitiert am 22.11.2022]

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

Raue P (2026) Beitrag des Programms zur Förderung von Wissenstransfer und Innovation in Landwirtschaft und ländlichen Räumen: Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). Braunschweig. 5-Länder-Evaluation 7/2026

Reiter K (2020) Umsetzung der Europäischen Innovationspartnerschaften im Rahmen des ersten Calls – Bericht 2: Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen 2014-2020 (PFEIL). Braunschweig: Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR), 5-Länder-Evaluation 9/2020, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2020/9_2020_-_NI_EIP_Bericht_2.pdf> [zitiert am 17.3.2021]

Reiter K, Roggendorf W, Sander A, Scholz J, Schwarze S (2025) Analyse der Inanspruchnahme von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen und des Ökolandbaus: Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). Braunschweig, Hannover. 5-Länder-Evaluation 2, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2025/2-2025_NIHB_Akzeptanzanalyse.pdf> [zitiert am 16.1.2025]

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 über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung der Einrichtung von Agroforstsystemen (2025c): RL AFS. In: Niedersächsisches Ministerialblatt 75. (80.), zu finden in <https://www.agrarfoerderung-niedersachsen.de/services/download.cfm?file=43623> [zitiert am 19.11.2025]

Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung der Einrichtung von Agroforstsystemen (Richtlinie „Agroforstsysteme“) (2023), zu finden in <https://www.ml.niedersachsen.de/download/194639/Richtlinie_Agroforstsysteme_.pdf> [zitiert am 2.5.2025]

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]

RL EELA: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Vorhaben zur Erhaltung, Entwicklung und Wiederherstellung von Lebensräumen und Arten der ländlichen Landschaften im Land Niedersachsen und in der Freien Hansestadt Bremen (Förderrichtlinie „Erhalt und Entwicklung von Lebensräumen und Arten - EELA“), RdErl. d. MU v. 28.8.2015 (2015) [zitiert am 22.8.2017]

RL NiB-AUM 2015: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaβnahmen (Richtlinie NiB-AUM) (2015)

RL NiB-AUM 2019: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für Niedersächsische und Bremer Agrarumweltmaβnahmen (Richtlinie NiB-AUM) (2019)

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, Schwarze S (2026) Beitrag des Programms zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung: Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). (in Vorbereitung)

Sander A, Bathke M (2026) Beitrag des Programms zur biologischen Vielfalt: Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). (in Vorbereitung)

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

Sander-Seyfert S (2010) Wallhecken - Informationen zum Förderprogramm: Informationsbroschüre des Vereins „Ostfriesische Landschaft e. V.“. Aurich, zu finden in <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/57079/Broschuere_Wallhecken-_Informationen_zum_Foerderprogramm_.pdf> [zitiert am 5.5.2025]

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 (2024) Maßnahmenbericht Erosionsschutzstreifen: PFEIL-Programm Niedersachsen und Bremen 2014 bis 2022. 5-Länder-Evaluation, 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, Reiter K, Roggendorf W (2026) Beitrag von PFEIL-Fördermaßnahmen zum Wasserschutz: Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum 2014 bis 2022 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). (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]

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

SKUMS [Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau] (2022) Zukunft der Bremer Landwirtschaft: Rahmen für das Entwicklungskonzept Landwirtschaft Bremen 2035, hg. v. Freie Hansestadt Bremen

StaLa [Statistisches Landesamt Bremen] (2021) Statistisches Jahrbuch 2021. Statistisches Landesamt Bremen

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]

SUKW [Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft der Freien Hansestadt Bremen] (o.J.) Landwirtschaft im Land Bremen. Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft der Freien Hansestadt Bremen (SUKW), zu finden in <https://umwelt.bremen.de/umwelt/landwirtschaft-52765>

Thiel B, Smukler SM, Krzic M, Gergel S, Terpsma C (2015) Using hedgerow biodiversity to enhance the carbon storage of farmland in the Fraser River delta of British Columbia. Journal of Soil and Water Conservation 70(4):247-256. doi: 10.2489/jswc.70.4.247

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]

Tietz A, Bathke M (2016) Ex-post-Bewertung Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum des Landes Schleswig-Holstein 2007 bis 2013 : Modulbericht 5.5_MB Flurbereinigung (ELER-Code 125/1). Braunschweig, zu finden in <https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/7-Laender-Bewertung/2016/SH/5-5_MB_SH_Flurbereinigung.pdf> [zitiert am 2.9.2019]

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

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]

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]

Vaupel A, Bednar-Konski Z, Olivera M, Herwig N, Hommel B, Beule L (2024) Perennial flower strips in agricultural landscapes strongly promote earthworm populations. npj Sustain. Agric. 2(1):1-10. doi: 10.1038/s44264-024-00040-2, zu finden in <https://www.nature.com/articles/s44264-024-00040-2>

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 (2024): EU (VO) 2024/1991. 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]

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]

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]

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]

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]

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]

Anhang

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

Humusgruppe und zugeordnete Nutzcodes			
HM1	Erbsen (Frisch- / Speiseerbsen Freiland) Gemüseerbsen Ackerbohne/Puffbohne/Pferdebohne/Dicke Bohne Wicken (Pannonische, Zottelwicke, Saatwicke) Lupinen (Süßlupine, weiße Lupine, blaue/schmalblättrige Lupine, gelbe Lupine, Anden-Lupine) Erbsen/Bohnen Gemenge Leguminosen / Getreide Linsen (Speise-Linse) Sojabohnen Kichererbsen	**HM2**	Mischkulturen mit Saatgutmischung Klee (stickstoffbindende Pflanze ÖVF2) Kleegras Luzerne Ackergras Klee-Luzerne-Gemisch Klee (nicht ÖVF) Wechselgrünland Futterpflanze einer Gattung/Art, die in der aktuellen Liste nicht aufgeführt ist Futterpflanze einer Gattung/Art, die in der aktuellen Liste nicht aufgeführt ist (Stickstoffbindende Pflanze ÖVF1 Kleemischung aus NC 421, 427, 431 (stickstoffbindend) Luzerne-Gras Brache im Rahmen einer VNS-Maßnahme Heckenpflanzung Erosionsschutz Heckenpflanzung Vogelschutz Honigpflanzen genutzte brachliegende Flächen (pollen- und nektarreiche Arten) -einjährig Honigpflanzen genutzte brachliegende Flächen (pollen- und nektarreiche Arten) -mehrjährig Grassamenvermehrung Blühstreifen/Blühflächen Mehrjährige Blühstreifen/Blühflächen Gewässer- und Erosionsschutzstreifen
HM4	Blühmischung für Biogas Ufervegetation Uferrandstreifenprogramm Blühstreifen einjährig (MSL-Maßnahme) Blühfläche einjährig (MSL-Maßnahme) Schutzstreifen Erosion AUM-FM Brache mit jährlicher Einsaat von Blühmischungen	**HZ1**	Futterrübe/Runkelrübe Kohl-/Steckrüben Zuckerrüben Andere Gemüsearten (einschl. Zucker-, Futter-/Runkelrüben)
HZ2	Stärkekartoffeln und andere Kartoffeln Speisekartoffeln Gemüserübsen (Stoppelrübe, Weiße Rübe, Bayerische Rübe, Mairübe, Chinakohl, Pak-Choi, Teltower Rübchen, Stielmus, Herbstrübe) Gemüsekohl (Wirsing, Rot-/Weißkohl, Spitzkohl, Grünkohl, Kohlrabi, Markstammkohl, Blumenkohl, Romanesco, Brokkoli, Rosenkohl, Zierkohl) Tomaten Gemüse-Kürbisgewächse Gurke (Salatgurke, Einlegegurke) Zuckermelone Riesenkürbis, Hokkaidokürbis Gartenkürbis (Gartenkürbis, Zucchini, Spaghettikürbis, Zierkürbis) Melone (Citrullus) (Wassermelone) Sellerie (Knollen-Sellerie, Bleich-Sellerie, Stangen-Sellerie) Rübsen (Brassica rapa)	**HZ3**	Körnermais einschl. CCM / Mais Mais mit Blüh- und/oder Bejagungsschneisen (Kulturpflanze) Silomais (als Hauptfutter) Gemüse-Kreuzblütler (einschl. Raps, Rübsen, Kohl-/Steckrübe) Steckrübe, Kohlrübe Gemüse-Nachtschattengewächse Auberginen Spanischer Pfeffer (Paprika, Chilli, Peperoni) Möhre (Möhre/Karotte, Futtermöhre) Pastinaken Zichorien/Wegwarten (Chicoree, Radiccio, krausblättrige Endivie, ganzblättrige Endivie, Zichorie) Meerrettich Schwarzwurzeln Ringelblumen (Garten-Ringelblume) Sonnenhut (Schmalblättriger Sonnenhut, Purpur-Sonnenhut) Kamillen (Echte Kamille) Malven (Wilde Malve) Strauch-/Bechermalven (Bechermalve) Sida (Virginiamalve)

Quelle: Eigene Tabelle, nach VDLUFA (VDLUFA, 2014).

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

Humusgruppe HZ4 und zugeordnete Nutzcodes		
Mischkulturen mit Saatgutmischung	Spinat	Hyazinthe (Garten-Hyazinthe)
Winterhartweizen/Durum	Mangold, Rote Beete/Rote Rübe	Milchstern (Kap-Milchstern)
Sommerhartweizen/Durum	Fenchel (Gemüsefenchel,/Körnerfenchel)	Astern (Sommeraster)
Winterdinkel	Küchenkräuter/Heil-und Gewürzpflanzen	Chrysanthemen (Garten-Chrysantheme, Winteraster)
Winterweichweizen	Anethum (Dill, Gurkenkraut)	Strohblumen (Garten-Strohblume)
Sommerweichweizen	Kerbel (echter Kerbel)	Edelweiß (Alpen-Edelweiß)
Winteremmer/ -einkorn	Bibernellen (Anis)	Margeriten
Sommeremmer/ -einkorn	Kümmel (Echter Kümmel)	Rudbeckien (Schwarzäugige Rudbeckie/Sonnenhut)
Winterroggen	Kreuzkümmel (Echter Kreuzkümmel)	Tagetes (Aufrechte Studentenblume, Tagetes patula, Tagetes Tenuifolia)
Sommerroggen	Schwarzkümmel (Echter Schwarzkümmel)	Wucherblumen (Mutterkraut)
Wintermenggetreide	Koriander	Strandflieder (Geflügelter Strandflieder)
Wintermenggetreide	Liebstöckel/Maggikraut	Spreublumen (Einjährige Papierblume)
Wintergerste	Petroselinum (Petersilie)	Zinnien
Sommergerste	Basilikum	Taubnesseln (Weiße Taubnessel)
Winterhafer	Rosmarin	Gladiolen (Gartengladiole)
Sommerhafer	Salbei (Küchen-/Heilsalbei)	Tulpen (Garten-Tulpe)
Sommermenggetreide	Borretsch	Christophskräuter (Trauben-Silberkerze)
Sommermenggetreide	Oregano (Echter Majoran, Oregano/Dost/Wilder Majoran)	Feldrittersporne (Gewöhnlicher Feldrittersporn)
Wintertriticale	Bohnenkräuter	Scabiosen (Samt-Skabiose, Kugel-Skabiose)
Sommertriticale	Verbenen (Echtes Eisenkraut)	Dahlien (Garten-Dahlie)
Rispenhirse (Panicum)	Lavendel (Echter Lavendel, Speik-Lavendel, Hybrid-Lavendel)	Rodiola (Rosenwurz)
Buchweizen	Thymiane (Thymian, Gartenthymian, Echter Thymian)	Krokusse (Safran, Garten-Krokus)
Sorghumhirse (Körnersorghum)	Melissen (Zitronenmelisse)	Hibiskus
Amarant (Fuchsschwanz)	Enziane	Wolfsmilch (Weißrand-Wolfsmilch)
Quinoa	Minzen (Pfefferminze, Grüne Minze)	Löwenmäulchen (Großes Löwenmaul)
Getreide einer Gattung/Art, die in der aktuellen Liste nicht aufgeführt ist	Artemisia (Wermut, Estragon, Beifuß)	Montbretien (Garten-Montbretie)
Winterraps	Wegeriche (Spitzwegerich)	Halskräuter (Blaues Halskraut)
Sommerraps	Schafgarben (Gelbe Schafgarbe)	Gipskräuter (Schleierkraut)
Winterrübsen (Rübsen, Rübsamen, Rübsaat)	Baldriane (Echter Baldrian)	Pampasgräser (Amerikanisches Pampasgras)
Sommerrübsen (Rübsen, Rübsamen, Rübsaat)	Johanniskräuter (Echtes Johanniskraut)	Kosmeen (Gemeines Schmuckkörbchen)
Sonnenblumen	Frauenmantel	Nachtkerzen (Diptam)
Lein (Gemeiner Lein, Flachs)	Mariendisteln	Oenothera/Nachtkerzen (Gewöhnliche Nachtkerze)
Ölfrucht einer Gattung/Art, die in der aktuellen Liste nicht aufgeführt ist	Engelwurzen (Arznei-Engelwurz, Echter Engelwurz)	Königskerzen (Großblütige Königskerze)
Krambe/ Meerkohl (Echter Meerkohl)	echte Arnika (Arnica montana)	Kapuzinerkressen (Große Kapuzinerkresse)
Leindotter	Nutzhanf	Pfingstrosen/Päonien (Gemeine Pfingstrose, Strauch-Pfingstrose)
Streptocarpus/Drehfrucht	Virginischer Tabak	Schwertlilien (Deutsche Schwertlilie)
Iberischer Drachenkopf	Erdbeeren	Wiesenknopf (Kleiner Wiesenknopf, Pimpinelle)
Hauswurz (Sempervivum)	Brennnesseln (Große Brennnessel)	Zieste (Deutscher Ziest, Knollen-Ziest)
Knöterich (Persicaria)	Seidenpflanzen (Indianer-Seidenpflanze)	Vergissmeinnicht (Wald-Vergissmeinnicht)
Topinambur	Zierpflanzen (einschl. Blumen zum Selberpflücken)	Portulak
Brauner Senf (Brauner Senf/Sareptasenf)	Goldlack	Nelken (Bartnelke, Land-/Edelnelke)
Senfrauke (Garten-Senfrauke, Rucola)	Einjähriges Silberblatt	Ageratum (Gewöhnlicher Leberbalsam)
Gartenkresse	Garten-/ Sommerlevkoje	Lonas (Gelber Leberbalsam)
Gartenrettiche (Weiße/rote Rettiche, schwarzer Winterrettich, Ölrettich, Radieschen)	Kugelamarant (Echter Kugelamarant)	Kornblumen
Weißer Senf	Taglilien	Veilchen (Horn-Veilchen, Garten-Stiefmütterchen, Wildes Stiefmütterchen)
Allium/Lauch (Speise-Zwiebel, Schalotte, Lauch, Knoblauch, Schnittlauch, Winterheckenzwiebel, Bärlauch)	Lilien (Königslilie, Türkenbund)	
Gartenbohne (Gartenbohne/Buschbohne/Stangenbohne, Feuerbohne/Prunkbohne)	Narzissen / Osterglocken	
Feldsalate (Feldsalat/Ackersalat/ Rapunzel)	Knorpelmöhren (Bischofskraut)	
Lattich (Garten-Salat/Lattich, Lollo Rosso, Romana-Salat/Römischer Salat)	Hasenohren (rundblättriges Hasenohr)	

Quelle: Eigene Tabelle, nach VDLUFA (2014)