

Ex-post-Bewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes

Treffgenauigkeits- und Kosten-Wirksamkeitsanalysen der Agrarumweltmaßnahmen im Boden- und Wasserschutz in Niedersachsen

(Modulbericht Ökoeffizienz)

Beitrag zum Kapitel 6

**Agrarumweltmaßnahmen –
Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999**

Bearbeitung

Wolfgang Roggendorf, Karin Reiter
vTI, Johann Heinrich von Thünen-Institut

Achim Sander
entera, Umweltplanung & IT

Braunschweig • Hannover



November 2008

Inhaltsverzeichnis	Seite
Abbildungsverzeichnis	45
Tabellenverzeichnis	46
1 Einführung und Zielsetzung	49
2 Methodik und Datengrundlagen	50
2.1 Datengrundlagen	51
2.2 Methodik	59
2.2.1 Definition der Problemlagen	59
2.2.2 Kosten-Wirksamkeitsanalyse	62
2.2.2.1 Theoretische Grundlagen	62
2.2.2.2 Umsetzung in der Untersuchung	65
3 Ökoeffizienz der Maßnahmen	80
3.1 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Bodenerosion	80
3.1.1 Problemlage in Niedersachsen	80
3.1.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen	86
3.1.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen	87
3.1.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen	98
3.2 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Grundwasser	107
3.2.1 Problemlage in Niedersachsen	108
3.2.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen	111
3.2.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen	112
3.2.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen	121
3.3 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Oberflächenwasser	129
3.3.1 Problemlage in Niedersachsen	129
3.3.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen	131
3.3.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen	133
3.3.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen	137
Literaturverzeichnis	143
Anhang	147

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Verschneidung von räumlichen Daten und Bildung der kleinsten gemeinsamen Geometrie	51
Abbildung 2: Bausteine der Kosten-Wirksamkeitsanalyse	65
Abbildung 3: Schematisiertes Vorgehen zur Beschreibung von Umweltdaten auf Feldblockebene	68
Abbildung 4: Durch eine Pufferfläche entlang von Gewässern angeschnittene Feldblöcke	71
Abbildung 5: Gegenüberstellung des flächengewichteten Mittels auf den Feldblöcken und der realen Verteilung der Gefährdungsklassen (Winderosion)	84
Abbildung 6: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf wassererosionsgefährdeten Flächen	88
Abbildung 7: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf winderosionsgefährdeten Flächen	92
Abbildung 8: Gegenüberstellung der Nitratauswaschungsgefährdung auf Feldblockbasis und auf Rasterbasis (FZJ)	109
Abbildung 9: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf nitratauswaschungsgefährdeten Flächen	113
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit in sensiblen Gebieten nach WRRL	116
Abbildung 11: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit an Oberflächengewässern	133

Tabellenverzeichnis		Seite
Tabelle 1:	Datengrundlagen	51
Tabelle 2:	Objektarten zur Beschreibung von Oberflächengewässern	54
Tabelle 3:	Bildung von Gefährdungsklassen für berechnete Bodenabtragsraten durch Wassererosion in Niedersachsen	55
Tabelle 4:	Klassifizierung der potenziellen Winderosionsgefährdung in Niedersachsen	56
Tabelle 5:	Ermittlung der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge	57
Tabelle 6:	Betrachtete Indikatoren im Modul „Ökoeffizienz“	61
Tabelle 7:	Beispiel für eine eindeutige Präferenzstruktur	63
Tabelle 8:	Beispiel für mehrdeutige Präferenzstrukturen	65
Tabelle 9:	Bewertungsskala für den Schutzbeitrag (Ressourcenschutzwirkung) der AUM	67
Tabelle 10:	Erosionsgefährdung auf Betrieben mit Investitionsförderung für Mulchsaatgeräte in Niedersachsen	74
Tabelle 11:	Schematische Darstellung der Wirksamkeit	74
Tabelle 12:	Schematische Darstellung der Input-Outputrelation am Beispiel von Maßnahmen mit Boden-/Erosionsschutzwirkung	76
Tabelle 13:	Ergebnisdarstellung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse	78
Tabelle 14:	Beispiel für Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte	79
Tabelle 15:	Wassererosionsgefährdung auf den Feldblöcken Niedersachsens	82
Tabelle 16:	Landnutzungstypen auf den Erosionsgefährdungsstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ (Wassererosion)	82
Tabelle 17:	Winderosionsgefährdung auf den Feldblöcken Niedersachsens	85
Tabelle 18:	Landnutzungstypen auf den Erosionsgefährdungsstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ (Winderosion)	86
Tabelle 19:	Bodenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen	87
Tabelle 20:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Wassererosionsschutz	89
Tabelle 21:	Differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit im Erosionsschutz (Wassererosion)	90
Tabelle 22:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Winderosionsschutz	93
Tabelle 23:	Differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit im Erosionsschutz (Winderosion)	95
Tabelle 24:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Erosionsschutz (gesamt)	97

Tabelle 25:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung in erosionsgefährdeten Gebieten	98
Tabelle 26:	Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung	99
Tabelle 27:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Wassererosionsschutzwirkung	100
Tabelle 28:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte (Wassererosion)	102
Tabelle 29:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Winderosionsschutzwirkung	104
Tabelle 30:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte (Winderosion)	105
Tabelle 31:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Beitrag zum Erosionsschutz (gesamt)	107
Tabelle 32:	Nutzungstypen auf nitratauswaschungsgefährdeten Feldblöcken in Niedersachsen	109
Tabelle 33:	Feldblöcke und Grundwasserkörper, die intensiver zu untersuchen sind	110
Tabelle 34:	Nutzungstypen auf Grundwasserkörpern, die nach Bestandserfassung zur WRRL intensiver zu untersuchen sind	111
Tabelle 35:	Grundwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen	112
Tabelle 36:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen	114
Tabelle 37:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf sensiblen Gebieten nach WRRL	117
Tabelle 38:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in nitratauswaschungsgefährdeten Gebieten nach FZJ	120
Tabelle 39:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten nach WRRL	121
Tabelle 40:	Zusatznutzen und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung	122
Tabelle 41:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen	123
Tabelle 42:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten gemäß WRRL	124
Tabelle 43:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen	126
Tabelle 44:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte in sensiblen Gebieten gemäß WRRL	126

Tabelle 45:	Ranking der Kostenwirksamkeit von Maßnahmen des LAWA-Projektes, denen niedersächsische AUM zugeordnet werden können	128
Tabelle 46:	Flächenumfang der Feldblöcke in Gewässernähe	131
Tabelle 47:	Landnutzungstypen auf Feldblöcken in Gewässernähe	131
Tabelle 48:	Oberflächenwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen	132
Tabelle 49:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung	134
Tabelle 50:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung auf Feldblöcken in Gewässernähe	137
Tabelle 51:	Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfeshöhe der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung	138
Tabelle 52:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung	139
Tabelle 53:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte	141

1 Einführung und Zielsetzung

Der Beitrag von Agrarumweltmaßnahmen zum abiotischen und biotischen Ressourcenschutz soll anhand der gemeinsamen Bewertungsfragen der EU-KOM bewertet werden. Es wird eine Differenzierung zwischen Boden, Wasser, Biodiversität und Landschaft vorgegeben. Im Rahmen der Halbzeitbewertung (Reiter et al., 2003) und in der aktualisierten Halbzeitbewertung (Reiter et al., 2005) wurden die Ressourcenschutzwirkungen der Maßnahmen untersucht und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Wirkungen je Flächeneinheit, unabhängig von ihrer räumlichen Lage und – soweit damals möglich – vor dem Hintergrund ihrer regionalen Verteilung. Damit sollte der Frage nachgegangen werden, ob Maßnahmen im Hinblick auf räumlich unterschiedlich verteilte Problemlagen zielgerichtet eingesetzt werden.

Die Analyse des zielgerichteten Einsatzes von Maßnahmen zur Bewältigung von Ressourcenschutzproblemen soll hier einerseits vertieft werden. Dies wird durch die Verfügbarkeit von InVeKoS-GIS-Daten möglich, die eine (weitgehend) lagegenaue Zuordnung von Maßnahmen zulassen. Andererseits soll vor dem Hintergrund des Schutzbeitrages der Maßnahmen und ihrer Zielgerichtetheit die Kostenseite der Maßnahmen untersucht werden. Dabei ist auch die multiple Wirkung vieler Agrarumweltmaßnahmen (AUM) auf die Schutzgüter zu berücksichtigen. Diese Ansätze lassen sich in einer modifizierten Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA) integrieren.

Die Untersuchungen in diesem Bericht beschränken sich auf die Schutzgüter Boden und Wasser. Die Schutzgutbelange von Biodiversität und Landschaft werden in dem Modul „Landschaft“ untersucht.

Im Unterschied zu der Herangehensweise in Halbzeitbewertung und Update, löst sich das Vorgehen hier von der strengen Orientierung an den Gemeinsamen Bewertungsfragen der Kommission (EU-KOM, 2000) und orientiert sich an folgenden schutzgutbezogenen Leitfragen:

- Welche Maßnahmen tragen (in welchem Maß) zum Schutz der Böden vor Wassererosion bei?
- Welche Maßnahmen tragen (in welchem Maß) zum Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen bei?
- Welche Maßnahmen tragen (in welchem Maß) zum Schutz von Oberflächengewässern vor Stoffeinträgen bei?

Der Fokus der Untersuchungen geht dabei jedoch über die Fragestellungen der EU-KOM hinaus, indem nicht nur die (flächenhaften) Beiträge der Maßnahmen zum Ressourcenschutz errechnet werden. Vielmehr wird durch einen Perspektivwechsel der Frage nachge-

gangen, in welchem Umfang die überwiegend hoch und sehr hoch wirksamen Agrarumweltmaßnahmen Flächen erreichen, die eine besondere Schutzbedürftigkeit haben. Bei der Priorisierung von Maßnahmen sind Kostenminimierung bzw. Wirkungsmaximierung wichtige Auswahlkriterien. Denn unabhängig von ihrer grundsätzlich positiven Umweltwirkung sollten Agrarumweltmaßnahmen möglichst effizient dort eingesetzt werden, wo sie die größtmögliche Wirkung entfalten. Die Treffgenauigkeit ist daher neben der Beihilfeshöhe ein wichtiges Kriterium zur Bestimmung der ‚Ökoeffizienz‘.

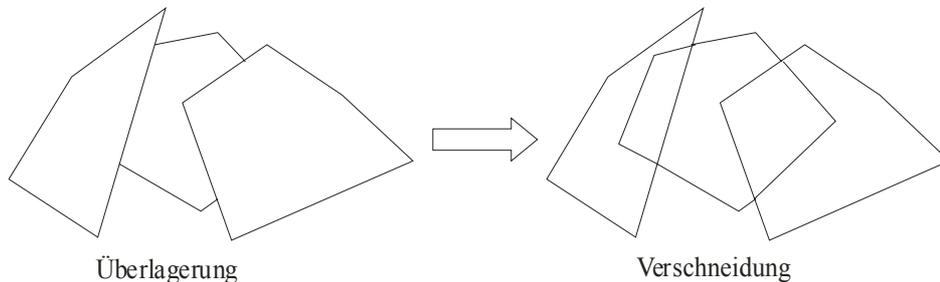
Das Modul „Ökoeffizienz“ gliedert sich in die Kapitel Einführung und Zielsetzung (Kapitel 1), Darstellung der Datengrundlagen und Methodik (Kapitel 2) und Analyse der Ökoeffizienz des angebotenen Förderspektrums (Kapitel 3). Im Folgenden werden die Datengrundlagen und der Untersuchungsansatz beschrieben.

2 Methodik und Datengrundlagen

Das oben skizzierte Vorgehen wird durch eine räumliche Verschneidung von Förderdaten und Umweltdaten in einem Geografischen Informationssystem (GIS) erreicht, wobei die an konkrete Flächen geknüpften Informationen durch eine Datenbankanbindung mitgeführt werden. Auf diese Weise lassen sich räumliche Koinzidenz – oder eben auch das Nicht-Zusammentreffen – von verschiedenen Ausprägungen der Agrarumweltmaßnahmen und Ausprägungen der Schutzgutempfindlichkeiten feststellen.

Für diese Vorgehensweise werden räumliche Daten benötigt, die in einem GIS weiterverarbeitet werden können. Der Prozess der Bildung von geometrischen Schnitt- und Vereinigungsmengen im GIS wird Verschneidung genannt. Aus der Verschneidung entsteht die kleinste gemeinsame Geometrie aller Flächenobjekte. Die nachfolgende Abbildung soll dies verdeutlichen. Durch diesen Vorgang gehen keine Informationen verloren. Vielmehr resultiert aus dem Zusammenspielen von räumlichen Informationen und entsprechender Auswertung ein Informationsgewinn.

Abbildung 1: Verschneidung von räumlichen Daten und Bildung der kleinsten gemeinsamen Geometrie



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Folgenden werden zunächst die Datengrundlagen vorgestellt, bevor die Methoden weiter erläutert werden.

2.1 Datengrundlagen

Tabelle 1: Datengrundlagen

Thema	Datensatzbeschreibung	Maßstab	Quelle
InVeKoS	Auszug aus dem InVeKoS-Datenbanksystem des Landes Niedersachsen mit Angaben zur Förderung 2005 und angebundenem Geographischen Informationssystem auf Feldblockbasis.	—	(SLA, 2006)
Potenzielles Erosionsrisiko durch Wasser auf Feldblöcken	Die potenzielle Bodenerosionsgefährdung wurde nach einer modifizierten Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) ermittelt und in Abtragsraten t/ha*a beschrieben.	1:50.000	(LBEG, 2006)
Potenzielles Erosionsrisiko durch Wind in Niedersachsen	Die potenzielle Winderosionsgefährdung wurde nach der DIN 19706 im Wesentlichen anhand von Bodenart und des Gehalts organischer Substanz halbquantitativ bestimmt.	1:50.000	(NLfB, 2002)
Gewässer aus dem ATKIS-Datensatz	Für die Oberflächengewässer wurden die ATKIS-Objektarten 5101, 5102, 5103 (linien- u. flächenhaft) sowie 5105 und 5112 (flächenhaft) selektiert.	1:25.000	(BKG, 2006)
Bestandserfassung Grundwasserkörper nach WRRL	Erstmalige Beschreibung und Bestandsaufnahme zur Risikoabschätzung (Zielerreichung) des chemischen Zustands der Grundwasserkörper	—	(MU, 2006)
Karte der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge	Die digitale Karte der Austragsgefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge wurde bundesweit auf Grundlage der BÜK1000, CORINE u. a. berechnet. Es erfolgt eine Klassifizierung nach gefährdet/ nicht gefährdet.	1:1.000.000	(Kunkel, 2006)

Quelle: Eigene Darstellung.

Daten aus dem InVeKoS inklusive Daten zur Förderung der AUM

Allen zur Ex-post-Analyse durchgeführten Arbeitsschritten liegt als zentraler Datenbestand ein Auszug aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) des Landes zugrunde. Die Datenverarbeitung des InVeKoS wird zentral beim Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung (SLA) der niedersächsischen Agrarverwaltung durchgeführt. Zur Ex-post-Analyse wurde ergänzend zu den bereits den Evaluatoren vorliegenden Daten für die Förderjahre 1998 bis 2004 Datenbankauszüge für die Förderjahre 2005 und 2006 erstellt. Die Daten sind der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft ausschließlich zur Evaluierung der Agrarumweltmaßnahmen und der Ausgleichzahlungen für Gebiete mit umweltspezifischen Einschränkungen unter der Gewährleistung umfassender Datenschutzvereinbarungen zur Verfügung gestellt worden.

Der Datenauszug umfasst im Einzelnen:

- ausgewählte Angaben aus dem Sammelantrag aller Betriebe in Niedersachsen, die in 2005 und/oder 2006 Direktzahlungen beantragt haben (Teilnehmer und Nichtteilnehmer AUM) inklusive der Angaben zum Tierbestand,
- die Angaben des Flächen- und Nutzungsnachweises (FNN) aller Betriebe mit Antrag auf Direktzahlungen inklusive der Angaben zu Landschaftselementen,
- für alle Agrarumweltmaßnahmen und die Ausgleichzahlungen für Gebiete mit umweltspezifischen Einschränkungen Tabellen mit den physischen Einheiten (geförderte Tierzahl in GVE oder Förderfläche in Hektar), die dem Auszahlungsantrag zugrunde liegen,
- aus dem an die Datenbank angekoppelten Geoinformationssystem landesweit alle Feldblockgeometrien, die laut (VO (EG) Nr. 1593/2000) zur Identifizierung der im Flächen- und Nutzungsnachweis und in den Förderanträgen für AUM angegebenen Einzelflächen samt Landschaftselemente im Jahr 2005 neu eingeführt worden sind.

Zentraler Datenbestand zur Ermittlung der Ökologischen Effizienz sind die InVeKoS-Daten für das Förderjahr 2005, die im Modul „Flächennutzung“ näher beschrieben sind. Aus dem gesamten der Evaluierung zur Verfügung stehenden Datenabzug finden Verwendung:

- die Geometrien der Feldblöcke zur Durchführung von Verschneidungen mit Umweltdaten,
- aus der Anlage 2 zum Sammelantrag (Agrarumweltmaßnahmen) die Flächenangaben zu jenen Fördermaßnahmen in Niedersachsen, für die eine Wirkung im Hinblick auf die näher untersuchten Wirkungsfragen angenommen wird. Die geförderten GVE der umweltfreundlichen Gülleausbringung entstammen einer gesonderten Fördertabelle.

- Die Verbindung der Förderflächen mit Feldblockgeometrien wird über die Flächenkennung im Flächen- und Nutzungsnachweis und den dort ebenfalls abgelegten Flächenidentifikator (FLIK) des Feldblockkatasters hergestellt.

Die Feldblöcke und deren Geometrien entstammen dem an die InVeKoS-Datenbank angekoppelten Geoinformationssystem (InVeKoS-GIS) und sind laut (VO (EG) Nr. 1593/2000) zur Identifizierung der Einzelflächenangaben im Jahr 2005 neu eingeführt worden. In Niedersachsen wird ein „Feldblock“ als eine landwirtschaftliche Fläche definiert, die von relativ stabilen Abgrenzungen, zum Beispiel Wege, Flüsse oder Waldgrenzen, umgeben ist. Im Flächenverzeichnis erfolgt innerhalb des Feldblocks eine Unterteilung in Schlag und Teilschlag. Diese werden jedoch nicht als Einzelobjekte im InVeKoS-GIS erfasst und können daher nicht lagegenau verortet werden. Die Größe der Feldblöcke schwankt in Niedersachsen zwischen 440 Hektar bis ein Ar, der Median der 528.883 Feldblöcke liegt bei 2,54 ha, der Mittelwert bei 5,08 ha. Sie umfassen insgesamt eine Nettofläche ohne Landschaftselemente von 2.684.860 Hektar.

Die flächenbezogenen Fördermaßnahmen sind – unterschieden anhand spezifischer Maßnahmenkodierung - in einer Gesamttabelle auf Ebene der Schläge und Teilschläge des Flächen- und Nutzungsnachweises (FNN) zusammengefasst, wobei Maßnahmenkombinationen auf einer Förderfläche entsprechend der Kombinationstabelle aus der NAU-Richtlinie möglich sind. Um die Vergleichbarkeit mit früheren Jahren zu gewährleisten, wird für die Ermittlung der Ökoeffizienz nicht zwischen bereits bewilligten Flächen und neu beantragten Förderflächen unterschieden¹. Die angegebene Flächengröße für die Einzelflächen korrespondiert mit der Flächenangabe im FNN und stellt den zur Auszahlung beantragten Flächenumfang in Hektar ohne Anrechnung von Landschaftselementen dar. Des Weiteren können zur Berechnung nur Förderflächen innerhalb des Landes berücksichtigt werden. Insgesamt 175,5 ha Agrarumweltmaßnahmen in Nachbarländern sind in den Förderdaten enthalten. Die Flächensumme der einzelnen Fördermaßnahmen in der Ermittlung der Ökoeffizienz entspricht daher nicht der Flächensumme in den Modulen „Flächennutzung“ und „Akzeptanz“, da dort sämtliche Förderflächen je Betrieb und Maßnahme einbezogen worden sind.

Bei flächenungebundenen Maßnahmen (Umweltfreundliche Gülleausbringung) wurden die der Auszahlung zugrunde liegenden Großvieheinheiten entsprechend des Umrechnungsschlüssels der Richtlinie in Hektar umgerechnet. Die so ermittelte Gesamtfläche wird auf die gesamte LF des Betriebes umgelegt. Dazu wird jede Einzelfläche eines Teilnehmers aber nur im Umfang des betriebspezifischen Verhältnisses von berechneter Förderfläche

¹ Diese Unterscheidung wurde erstmalig über eine Kennung im Datensatz 2005 auf Empfehlung der Evaluatoren hin möglich gemacht.

zu gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebs in der Auswertung berücksichtigt.

Gewässer aus dem ATKIS Basis-DLM

Das Digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) beschreibt die topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat. Die Objekte werden einer bestimmten Objektart zugeordnet und durch ihre räumliche Lage, ihren geometrischen Typ, beschreibende Attribute und Beziehungen zu anderen Objekten definiert. Die räumliche Lage wird für das Basis-DLM maßstabs- und abbildungsunabhängig angegeben. Welche Objektarten das Basis-DLM beinhaltet und wie die Objekte zu bilden sind, ist im ATKIS Basis-Objektartenkatalog festgelegt. Der Informationsumfang des Basis-DLM orientiert sich am Inhalt der Topographischen Karte 1:25.000, weist jedoch eine höhere Lagegenauigkeit (angestrebt sind $\pm 3\text{m}$) für die wichtigsten punkt- und linienförmigen Objekte auf (BKG, 2005).

Aus dem Basis-DLM wurden die für die Beschreibung der Oberflächengewässer relevanten Objektarten selektiert.

Tabelle 2: Objektarten zur Beschreibung von Oberflächengewässern

Geometrie	Objektart	Beschreibung
linienhaft	5101	Strom, Fluss, Bach
	5102	Kanal (Schifffahrt)
	5103	Graben, Kanal (Wasserwirtschaft)
flächenhaft	5101	Strom, Fluss, Bach
	5102	Kanal (Schifffahrt)
	5103	Graben, Kanal (Wasserwirtschaft)
	5105	Quelle
	5112	Binnensee, Stausee, Teich

Quelle: Eigene Angaben nach BKG (2005).

Daten zur Erosionsgefährdung

Die Erosionsgefährdung durch Wasser und Wind ist in Niedersachsen sehr differenziert auf Grundlage standörtlicher Voraussetzungen (anstehende Bodenarten, Hangneigung) für landwirtschaftliche Nutzflächen nach ATKIS vom LBEG ermittelt worden. Die Ergebnisse sind auch als Kartenwerke und z. T. auch im Internet veröffentlicht und der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) zur Evaluierung der Agrarumweltmaßnahmen in PROLAND zur Verfügung gestellt worden.

Karte der Erosionsgefährdung durch Wasser

Das LBEG ermittelt die potenzielle Gefährdung der Böden gegenüber Wassererosion nach der Methode von Hennings (1994), die sich an der allgemeinen Bodenabtragsgleichung ABAG nach (Schwertmann; Vogl und Kainz, 1990) orientiert. Das Kartenwerk ist für mittelmaßstäbige Planungen im Maßstab 1:50:000 veröffentlicht worden. Die Erosionsgefährdung wird in sechs Gefährdungsstufen von ‚keine‘ bis ‚sehr hoch‘ angegeben.

Ausgehend von dieser Berechnung hat das LBEG (2006) entsprechend der in einem Bundesländer-Arbeitskreis abgestimmten Vorgehensweise eine mittlere Bodenerosionsgefährdung je landwirtschaftlichem Feldblock ausgewiesen. Diese dient der Einstufung der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Hinblick auf die ab 2009 zu erfüllenden Cross-Compliance-Anforderungen zur Vermeidungen von Bodenerosionen. Das LBEG hat der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) zur Evaluierung der Agrarumweltmaßnahmen einen landesweiten Datensatz der gemittelten Erosionsgefährdung je Feldblock zur Verfügung gestellt, der annähernd alle Feldblöcke umfasst, die im Jahr 2005 in einem Flächennachweis angegeben worden sind. Der Datensatz enthält je Feldblock die FLIK, und den mittleren Bodenabtrag in t/ha*a. Dieses Ergebnis wird in Anlehnung an das Niedersächsische Bodeninformationssystem NIBIS (Müller, 2004) folgendermaßen klassifiziert:

Tabelle 3: Bildung von Gefährdungsklassen für berechnete Bodenabtragsraten durch Wassererosion in Niedersachsen

jährlicher Bodenabtrag in t*ha*a	potenzielle Erosionsgefährdung	
< 1	keine	0
1 – < 5	sehr gering	1
5 – < 10	gering	2
10 – < 15	mittel	3
15 – < 30	hoch	4
≥ 30	sehr hoch	5

Quelle: Müller (2004).

Karte der Erosionsgefährdung durch Wind

Zur Ausweisung regionaler Gefährdungsschwerpunkte durch Wind sind vom LBEG zwei digitale Kartenwerke auf Basis landesweit vorhandener Daten veröffentlicht worden. Die der FAL zur Verfügung gestellten Daten sind die der Karte der potenziellen Erosionsgefährdung nach bodenkundlichen Kriterien zugrunde liegenden Daten (Müller, 1997).

Auf Grundlage der BÜK 50 werden Bodendaten Erodierbarkeitsklassen zugeordnet. Bestimmend sind die Bodenart des Oberbodens und der Gehalt organischer Substanz. Es erfolgt folgende Klassifizierung:

Tabelle 4: Klassifizierung der potenziellen Winderosionsgefährdung in Niedersachsen

potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind	
keine	0
sehr gering	1
gering	2
mittel	3
hoch	4
sehr hoch	5

Quelle: DIN 19706 (2002).

Bundesweite Karte der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge

Im Forschungszentrum Jülich wurde für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland eine Karte der 'Potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse N-Einträge' erarbeitet (Kunkel, 2006). Als Ergebnis wurden Acker- und Grünlandflächen mit einem geringen Nitratabbaupotenzial im Boden und überwiegendem Grundwasserneubildungsanteil (gemessen am Gesamtabfluss) ausgewiesen. Es werden dabei ausschließlich die Standorteigenschaften der Acker- und Grünlandflächen berücksichtigt, nicht die Nutzungsintensität der Flächen (z. B. in Form von Anbaumustern oder N-Bilanzsalden).

Dem Ergebnis mit der nominalen Klassifizierung 'gefährdet'/'nicht gefährdet' liegt ein mehrstufiges Selektionsverfahren zugrunde (vgl. Tabelle 5). Dabei wurden Daten unterschiedlichen Maßstabs und unterschiedlicher Geometrie (Raster-, Vektordaten) zusammengeführt. Das Ergebnis wird in Form von Rasterdaten mit einer Kantenlänge von 250 m dargestellt.

Tabelle 5: Ermittlung der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge

Arbeitsschritt	Datengrundlage	Erläuterungen
1. Selektion landwirtschaftlich genutzter Flächen (Acker & Grünland)	Corine Landcover 2000; Codes: 211, 212, 221, 222, 243 (Acker), 231, 241, 242 (Grünland)	211 Nicht bewässertes Ackerland, 212 Permanent bewässertes Ackerland, Weinbauflächen, 222 Obst- u. Beerenobstbestände, 243 Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung, 231 Wiesen u. Weiden, 241 Mischung einjähriger Früchte mit Dauerkulturen, 242 Komplexe Parzellenstrukturen; Raster-basierte Klassifizierung (100x100 m)
2. auf den Flächen aus Schritt 1: Selektion von Böden mit unterdurchschnittlicher Denitrifikationsleistung	Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK1000); Denitrifikationsleistung 'gering' und 'sehr gering' (ca. < 20 kg N/ha*a)	Methodik nach NLfB, NLÖ & Bezirksregierung Hannover (NLfB; NLÖ und Bezirksregierung Hannover, 2004); Böden, die ganzjährig keine Wassersättigung haben, z. B. Syrosem, Ranker, Braunerden, Podsole, Pararendzinen u. a.
3. auf den Flächen aus Schritt 2: Selektion von Flächeneinheiten mit überdurchschnittlich hohem Basisabflussanteil	Eingangsdaten sind die Jahresniederschlagshöhe und die reale Verdunstung, die wiederum durch eine Vielzahl von Einzelparametern beschrieben wird; Flächen mit einem Basisabflussanteil > 50 % am Gesamtabfluss	Berechnung mit dem GROWA-Modell (Kunkel und Wendland, 2002) auf Basis von Rasterzellen
4. Darstellung von Flächen 'hoher Gefährdung'		Ausgewiesen wurden Acker- und Grünlandflächen mit geringem Nitratabbaupotenzial im Boden und überwiegendem Grundwasserneubildungsanteil

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage eines Schriftwechsels mit Dr. R. Kunkel (Forschungszentrum Jülich, 2007).

Aufgrund des Maßstabes und der Qualität der verwendeten Eingangsdaten (z. B. der technisch bedingten Genauigkeit der Landnutzungsklassifizierung aus den Corine-Daten) kann es bei einer Verschneidung der Karte der 'potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse N-Einträge' mit den Daten aus dem InVeKoS-GIS zu nicht näher quali- und quantifizierbaren Ungenauigkeiten kommen. So ist es z. B. denkbar, dass Feldblock(teile) des InVeKoS-GIS zur Deckung mit (herausselektierten) Gehölzbeständen der Corine-Landnutzungsklassifizierung kommen. In einem solchen Fall ist dort aufgrund der Methodik (siehe obige Tabelle) eine 'potenzielle Grundwassergefährdung durch diffuse N-Einträge' nicht nachweisbar, obwohl es sich de facto um LF handelt, und eine Grundwassergefährdung zumindest potenziell möglich wäre.

Eine Differenzierung der Höhe der Stickstoffeintragsgefährdung erfolgt nicht; es werden ausschließlich 'gefährdete' (in der Kartenlegende mit 'hohe Gefährdung' gekennzeichnet) von 'nicht gefährdeten' Flächen (= Rasterzellen) unterschieden. Somit kann auch eine

Verschneidung mit InVeKoS-Daten in der Treffgenauigkeitsanalyse für Niedersachsen nur zu undifferenzierten Aussagen führen.

Für die räumliche Ausrichtung der Grundwasserschutzmaßnahmen des PROLAND lagen diese Informationsgrundlagen noch nicht vor. Auch ist speziell für die Konzipierung von Trinkwasserschutzmaßnahmen (f4) der Maßstab einer bundesweiten Übersichtskarte nicht geeignet, insbesondere auch, um die notwendige Akzeptanz für freiwillige Vereinbarungen vor Ort zu erreichen. Stattdessen wurden bei der Maßnahmenkonzipierung „Trinkwassergewinnungsgebiete“ als Förderkulisse herangezogen. Grundsätzlich ergaben sich neue Steuerungsansätze für eine zielgenaue Ausrichtung von Maßnahmen erst mit der Einführung des InVeKoS-GIS im Laufe der Förderperiode. Diese Möglichkeiten werden im neuen Programm 2007-2013 PROFIL genutzt.

Erstmalige Beschreibung der Verschmutzung der Grundwasserkörper (GWK) durch diffuse Quellen gemäß WRRL

Das Land Niedersachsen hat in seiner Methodenbeschreibung des Berichts 2005 zur WRRL (NLfB; NLÖ und Bezirksregierung Hannover, 2004) die Herangehensweise der erstmaligen Beschreibung der Grundwasserkörper (GWK) ausführlich dargelegt. Im Rahmen dieser Studie sollen die ersten Ergebnisse zur Beschreibung der Verschmutzung durch diffuse Quellen berücksichtigt werden. Zur Beschreibung wurde ein kombinierter Emissions-/Immissionsansatz gewählt. Berücksichtigt wurden

- Stickstoff-Flächenbilanzsaldo als Maß der Emission aus der Landwirtschaft,
- einschließlich der atmosphärischen Deposition,
- abzüglich der Denitrifikation,
- Nitratkonzentrationen an Messstellen des GÜN, ergänzt um Daten aus Vorfeldmessstellen u. a. zur Beschreibung der Immissionen.

Die emissionsseitige Belastung wurde im Weiteren einer Signifikanzprüfung unterzogen, um GWK auszuscheiden, bei denen auch unter ungünstigen Annahmen kein Belastungsrisiko besteht. Dazu wurden nach ATV-DVWK (2003) die N-Bilanzsalden in Abhängigkeit der regionalen Gesamtabflusshöhe betrachtet; werden rechnerisch 80 % der zulässigen Nitratkonzentration im Grundwasser überschritten, so ist eine intensivere Untersuchung des GWK erforderlich (vgl. NLfB; NLÖ und Bezirksregierung Hannover, 2004 S. 14f). Die immissionsseitige Belastung wurde aus den Einzelmesswerten innerhalb des Anteils eines hydrogeologischen Teilraums an einem GWK arithmetisch gemittelt. Der höchste Mittelwert eines hydrogeologischen Teilraums in einem GWK bestimmt den Wert für den gesamten GWK (vgl. NLfB; NLÖ und Bezirksregierung Hannover, 2004 S. 24f).

Als Ergebnis der Bestandsaufnahme wurden diejenigen GWK identifiziert, die im Rahmen des ab 2006 durchzuführenden Monitoringprogramms intensiver zu untersuchen sind. Die

Ergebnisse der erstmaligen Beschreibung der Grundwasserkörper wurden den Evaluatoren als GIS-Daten übermittelt (MU, 2006). Eine Bewertung der diffusen Stoffeinträge in die Grundwasserkörper erfolgt nominal: ‚guter Zustand‘ und ‚intensiver zu untersuchen‘.

2.2 Methodik

2.2.1 Definition der Problemlagen

Die Analyseschritte im Kapitel 3 zeigen zunächst in kurzer Übersicht die Problemlage in Niedersachsen auf. Zu unterscheiden sind prinzipiell die a) Verursacherseite und b) die Schutzgutseite mit spezifischen Schutzgutempfindlichkeiten. Für die folgenden Analyseschritte (vor allem Bestimmung der Treffgenauigkeit der AUM) ist die Schutzgutseite von vorrangigem Interesse. Dabei wird unterschieden zwischen den Schutzgutgefährdungen ‚Bodenerosion‘, ausgelöst durch Niederschlagswasser, ‚Nitratauswaschung in das Grundwasser‘ und ‚Stoffeinträge in Oberflächengewässer‘. Diese schutzgutseitig formulierten Themen orientieren sich nicht mehr streng an einzelnen Indikatoren, lassen sich jedoch mit den Fragen, Kriterien und Indikatoren der EU-KOM (vgl. Tabelle 6) in Beziehung setzen.

Bedingt durch Datenlage, -verfügbarkeit, -differenzierungsgrad und GIS-Tauglichkeit müssen die drei genannten Themen für die Untersuchung weiter eingegrenzt werden.

Erosionsgefährdete Flächen (Wasser- und Winderosion)

Erosionsgefährdete Flächen werden im Rahmen dieser Studie folgendermaßen definiert: Landwirtschaftlich genutzte Flächen, die nach Auswertungen des LBEG eine der ordinalen Erosionsgefährdungsstufen (Wasser- oder Winderosion) von ‚mittel‘, ‚hoch‘ oder ‚sehr hoch‘ zugewiesen bekommen haben (vgl. Kapitel 2.1). Die Bewertungsstufen ‚keine‘, ‚sehr geringe‘ und ‚geringe‘ Erosionsgefährdung werden als nicht erosionsgefährdet gesetzt. Diese Fragestellung fokussiert auf On-site-Schäden, die durch Bodenabtrag entstehen.

Nitratauswaschungsgefährdete Flächen

Nitratauswaschungsgefährdete Flächen werden im Rahmen dieser Studie folgendermaßen definiert: Landwirtschaftlich genutzte Flächen, für die nach Auswertungen des Forschungszentrum Jülich (Kunkel, 2006) eine Nitrataustragsgefährdung ermittelt wurde. In der Studie wird keine Differenzierung in Gefährdungsstufen vorgenommen. Diese Fragestellung fokussiert auf diffuse Stoffeinträge über den Grundwasserpfad.

Durch diffusen Stoffeintrag gefährdete Grundwasserkörper

Durch diffusen Stoffeintrag gefährdete Grundwasserkörper werden im Rahmen dieser Studie folgendermaßen definiert: Landwirtschaftlich genutzte Flächen auf Grundwasserkörpern, die nach der erstmaligen Beschreibung zur Bestandserfassung gemäß WRRL in ihrer Zielerreichung mit ‚intensiver zu untersuchen‘ bewertet wurden (MU, 2006). Diese Fragestellung fokussiert ebenfalls auf diffuse Stoffeinträge über den Grundwasserpfad. Der Beschreibung der sensiblen Gebiete liegt jedoch nicht eine Modellierung zu Grunde (wie bei den o. g. ‚nitratauswaschungsgefährdeten Flächen‘), sondern erfasste bzw. berechnete Emissionen und Immissionen. Beide Teilaspekte bilden die gesamte Wirkungskette für den Nitrataustrag ins Grundwasser ab. Ein Vergleich beider Auswertungsansätze kann folglich interessante Ergebnisse zeigen.

Tabelle 6: Betrachtete Indikatoren im Modul „Ökoeffizienz“

Leitfragen der Untersuchung	Fragen, Kriterien, Indikatoren der EU-KOM		
	Fragen	Kriterien	Indikatoren
Welche Maßnahmen tragen zum Schutz der Böden vor Wassererosion bei?	VI.1.A. In welchem Umfang sind natürliche Ressourcen geschützt worden und zwar durch die Auswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen auf die Bodenqualität?	VI.1.A-1. Verringerung der Bodenerosion.	VI.1.A-1.1. Landwirtschaftliche Flächen, die Vereinbarungen zum Schutz vor Bodenerosion oder zur Verringerung der Bodenerosion unterliegen. Mit den Teilindikatoren a), b), c).
Welche Maßnahmen tragen zum Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen bei?	VI.1.B. In welchem Umfang sind natürliche Ressourcen geschützt worden und zwar durch die Auswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen auf die Qualität des Grund- und des Oberflächenwassers?	VI.1.B-1. Verringerter Einsatz von landwirtschaftlichen Produktionsmitteln, die Wasser potenziell verunreinigen. VI.1.B-2. Die Transportwege, auf denen chemische Stoffe (...) in die Grundwasserschichten gelangen, sind ausgeschaltet worden (...).	VI.1.B-1.1. Flächen, die Vereinbarungen zur Verringerung des Einsatzes landwirtschaftlicher Produktionsmittel unterliegen. Mit den Teilindikatoren a), b), c) VI.1.B-1.2 Verringerung des Einsatzes landwirtschaftlicher Produktionsmittel pro Hektar auf Grund vertraglicher Vereinbarungen. VI.1.B-2.1. Flächen, auf denen Fördermaßnahmen durchgeführt werden, die zu einer Verringerung des Eintrags von Schadstoffen (durch Oberflächenabflüsse, Auswaschungen oder Erosion) in Grundwasserschichten führen. Mit den Teilindikatoren a), b).
Welche Maßnahmen tragen zum Schutz von Oberflächengewässern vor Stoffeinträgen bei?	VI.1.B. (vgl. oben) VI.2.B. In welchem Umfang ist die biologische Vielfalt auf Grund der Agrarumweltmaßnahmen erhöht oder verbessert worden durch Schutz von Habitaten, die für die Natur sehr wichtig sind, auf landwirtschaftlichen Flächen, durch Schutz oder Verbesserung der Umweltinfrastruktur oder durch Schutz von Feuchtgebieten bzw. aquatischen Habitaten, die an landwirtschaftlichen Flächen angrenzen (Habitatvielfalt)?	VI.1.B-1. (vgl. oben) VI.1.B-2. (vgl. oben) VI.2.B-3. Wertvolle Feuchtgebiete (die häufig nicht bewirtschaftet werden) oder aquatische Habitats sind vor Auswaschungen, Oberflächenabflüssen oder Sedimenteintrag der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen geschützt worden.	VI.1.B-1.1. (vgl. oben) VI.1.B-1.2 (vgl. oben) VI.1.B-2.1. (vgl. oben) VI.2.B-3.1. Flächen, auf denen geförderte Anbaumethoden oder –praktiken angewendet werden, die Auswaschungen, Oberflächenabflüsse oder Einträge von landwirtschaftlichen Produktionsmitteln/ Erosionsmaterial in angrenzende wertvolle Feuchtgebieten oder aquatische Habitats verringern/ unterbinden. Mit den Teilindikatoren a), b), c). VI.2.B-3.2. Angrenzende wertvolle Feuchtgebiete oder aquatische Habitats, die aufgrund von Fördermaßnahmen geschützt werden. Mit den Teilindikatoren a), b)

Quelle: Eigene Darstellung unter Verwendung von (EU-KOM, 2000).

Durch Stoffeintrag gefährdete Oberflächengewässer

An Oberflächengewässer angrenzende Flächen, die ein Stoffeintragsgefährdungspotenzial aufweisen, werden folgendermaßen definiert: Landwirtschaftlich genutzte Flächen, die in räumlicher Nähe zu Oberflächengewässern (gemäß Objektarten des Basis-DLM) liegen oder direkt an sie angrenzen. Diese Fragestellung fokussiert somit mehr auf direkte Stoffeinträge, die auf einer Abstands- oder einer Nutzungsfunktion landwirtschaftlicher Flächen beruhen (Off-site-Schäden).

Die Gemeinsamen Bewertungsfragen der EU-KOM sehen u. a. folgende Untersuchungsaspekte vor (vgl. auch Tabelle 6): Wertvolle Feuchtgebiete oder aquatischer Habitate, die vor Auswaschungen, Oberflächenabflüssen oder Sedimenteintrag der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen geschützt werden (Kriterium VI.2.B-3). Damit werden als sensible Gebiete

- (1) wertvolle Feuchtgebiete und
- (2) aquatische Habitate

angesprochen. In der Realität ist häufig eine Schnittmenge zwischen beiden Gebietstypen zu erwarten, z. B. wenn sich Erlen-Eschen-Galeriewälder, Erlen-Bruchwälder oder größere Auwaldbestände entlang von Fließgewässern erhalten haben oder wenn Sümpfe und Moore von (künstlichen) Gewässern durchzogen werden oder sich am Rand von Stillgewässern gebildet haben. Während das Gewässernetz vergleichsweise gut digital erfasst ist (vgl. Kapitel 2.1), befinden sich digitale Datenbestände zu wertvollen Feuchtgebieten noch überwiegend im Aufbau, sofern sie überhaupt vorliegen (z. B. aus der niedersächsischen Biotopkartierung oder der FFH-Lebensraumtypenkartierung).

Die hier erfolgte Eingrenzung der Fragestellung auf Oberflächengewässer ist daher einer pragmatischen Herangehensweise vor dem Hintergrund der Datenverfügbarkeit, des Auswertungsaufwandes und des Zeitrahmens geschuldet. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass Oberflächengewässer Indikatoren für das Vorkommen von Feuchtgebieten oder aquatischen Habitaten sein können. Offen bleibt aber die Frage, ob es sich bei den selektierten Flächen, die an Oberflächengewässer angrenzen, um ‚wertvolle‘ Gebiete handelt. Da der Schutz von Oberflächengewässern ein wichtiges Ziel² der WRRL ist, ist die vorgenommene Themeneingrenzung nicht minder von Interesse.

2.2.2 Kosten-Wirksamkeitsanalyse

2.2.2.1 Theoretische Grundlagen

Die Kosten-Wirksamkeitsanalyse (in der englischen Literatur *cost-effectiveness analysis*) wurde zu dem Zweck entwickelt, aus einem Spektrum möglicher Vorhaben das Vorteilhafteste heraus zu finden (z. B. Hanusch, 1994). Das kann entweder bedeuten, bei einem gegebenen Mitteleinsatz eine maximale Verbesserung des Umweltzustands im Hinblick auf

² „... die Mitgliedstaaten schützen, verbessern und sanieren alle Oberflächenwasserkörper, (...) mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie gemäß den Bestimmungen des Anhangs V (...) einen guten Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen ...“ (Art. 4 RL 2000/60/EG).

das angestrebte Ziel oder ein gegebenes Umweltziel mit minimalem Mitteleinsatz zu erreichen.

Die Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA) verzichtet dabei auf eine monetäre Bewertung der Outputeffekte, was sie für eine Anwendung im Umweltbereich besonders geeignet macht: Die Wirksamkeit von Umweltmaßnahmen lässt sich im Regelfall nicht oder aber nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand monetarisieren (ausführlich dazu z. B. Londong et al., 2006). Gründe dafür sind u. a. multikausale Ursache-Wirkungszusammenhänge, die sich aufgrund von zeitlichen Verzögerungen (*time lag*) und Rückkopplungen nur schwer isolieren lassen oder die Berücksichtigung sehr vieler Randbedingungen, der fehlende Marktwerte für Umweltgüter u. v. m.

Vor diesem Hintergrund bietet sich eine qualitative Betrachtung in nichtmonetären Einheiten an, die mit Hilfe einer einfachen Reihung von qualitativen Merkmalen auch zu eindeutigen Wertungen/Präferenzaussagen kommen kann (Tabelle 7). Als Bezugsgrößen dienen entweder physische Einheiten (z. B. Flächenangaben in ha) oder ordinal skalierte Qualitäten (z. B. Wirkungen in mittel, hoch, sehr hoch).

Tabelle 7: Beispiel für eine eindeutige Präferenzstruktur

Maßnahme	Kosten	Wirksamkeit
M1	100	hoch
M2	200	hoch
M3	300	gering
M4	400	sehr gering

Maßname M1 ist vor allen anderen Maßnahmen zu bevorzugen, da mit geringsten Kosten (100) und höchster Wirksamkeit (hoch) verbunden. Auch die Reihung M1, M2, M3, M4 ist hier eindeutig.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die **Vorteile** der Kosten-Wirksamkeitsanalyse sind ihre hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit (keine ‘Verrechnung’ von Bewertungsschritten) für monetär schwer bewertbare Sachverhalte. Der Zwang zu einer prägnanten Zieldefinition der betrachteten Maßnahmen hilft im Rahmen der Evaluation auch der zukünftigen strategischen Ausrichtung der Programmplanung. Dass nur selten alle Kriterien und Randbedingungen vollständig beschrieben werden können, gehört zu den **Nachteilen** der Kosten-Wirksamkeitsanalyse. Durch die Auswahl und Definition der Zielkriterien kann das Ergebnis durch den Bewerter beeinflusst werden. Dieser Nachteil kann nur über eine größtmögliche Transparenz des Vorgehens wettgemacht werden.

Diesbezüglich ist im vorliegenden Fall ein grundsätzliches Manko gegeben: Bei der Programmierung des Entwicklungsplans 2000 bis 2006 wurde nicht durchgehend auf eindeutige und hinreichend konkretisierte **Zieldefinitionen** der Fördermaßnahmen geachtet. Daher mussten für einige Maßnahmen entweder im Nachhinein Ziele aufgestellt werden oder soweit möglich weiter differenziert werden. Eine gängige Zielformulierung ist z. B. ‚Schutz des Bodens vor Beeinträchtigungen‘. Hieraus lässt sich nicht ableiten, ob Aspekte des chemischen oder physikalischen Bodenschutzes als Ziel gesehen werden. Da die präzise Festlegung von Zielen als Vorgaben für den Vergleich der Maßnahmen wichtiger Bestandteil der Kosten-Wirksamkeitsanalyse ist, wird diese Information in der Analyse mitgeführt.

Der Fokus der Gemeinsamen Bewertungsfragen der EU-KOM liegt jedoch auf der **Wirkungsseite** der Maßnahmen: Welche Maßnahmen leisten Beiträge zum Grundwasser- oder Bodenschutz etc.? Wirkungsbeiträge können unabhängig von den Zielsetzungen erbracht werden, quasi als ‚Nebenprodukt‘ einer Maßnahme. So entfalten z. B. viele Bodenschutzmaßnahmen auch Grundwasserschutzwirkung. Dieser Aspekt wird hier als Zusatznutzen oder Multifunktionalität bezeichnet. Unter diesem Blickwinkel sind folglich die Wirkungen der Maßnahmen mit in die Kosten-Wirksamkeitsanalyse einzubeziehen. Implizit wird damit unterstellt, für sie würden auch entsprechende Zielsetzungen bestehen. Um sie in weiteren interpretativen Schritten von den Maßnahmen mit expliziten Zielsetzungen unterscheiden zu können, werden sie gesondert gekennzeichnet.

Die Multifunktionalität oder der Zusatznutzen von Maßnahmen muss vor dem Hintergrund synergistischer oder additiver Wirkungen bei der Interpretation mit berücksichtigt werden. Ein direkter (Kosten-) Vergleich von Maßnahmen unterschiedlicher Zielbereiche ist jedoch nicht möglich; Aussagen zur absoluten Effizienz können nicht getroffen werden. Diese wären nur dann gegeben, wenn die Kosten-Wirksamkeitsrelation normiert wird, also z. B. Kosten pro kg Nitratreduktion im Grundwasser angegeben werden könnten³.

Auch innerhalb eines Zielbereiches bietet das Verfahren dann keine eindeutigen Präferenzergebnisse mehr, wenn zwei oder mehr Alternativen dominieren (Beispiel Tabelle 8). In dem Beispiel dominieren die Maßnahmen M1, M2 und M3 eindeutig die Maßnahme M4, jedoch ist die Bildung einer Rangfolge innerhalb der Dominanzgruppe nicht möglich, da die kardinal skalierte Kostenmessung nicht in eine eindeutige Relation zur ordinal skalierten Wirksamkeitsmessung gesetzt werden kann. Das liegt u. a. daran, dass die ‚Distanz‘ zwischen den Wirkungsklassen (sehr gering, gering, mittel ...) nicht genau definiert werden kann. Bei Mehrdeutigkeit der Aussagen bleibt folglich dem Entscheidungsträger

³ Dieser Schritt wird voraussichtlich in Zukunft möglich sein: So arbeitet z. B. die FAL im Auftrag der LAWA an einer Quantifizierung von Stickstoffreduktionspotenzialen verschiedener Maßnahmen.

eine endgültige Bewertung vorbehalten, die z. T. wohl auch intuitiv oder unter Hinzuziehung weiterer Kriterien erfolgen muss.

Tabelle 8: Beispiel für mehrdeutige Präferenzstrukturen

Maßnahme	Kosten	Wirksamkeit
M1	200	mittel
M2	100	gering
M3	300	hoch
M4	400	sehr gering

Maßname M4 scheidet in jedem Fall als ungünstigste aus, da mit höchsten Kosten und geringster Wirksamkeit verbunden; zwischen M1, M2 und M3 gibt es keine eindeutige Präferenzstruktur, da sich jeweils alle Bewertungskriterien (Kosten und Wirksamkeit) unterscheiden.

Quelle: Eigene Darstellung.

2.2.2.2 Umsetzung in der Untersuchung

Abbildung 2 zeigt die Bausteine der Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung in dieser Studie. Abgesehen von dem Baustein Wirkung/ Schutzbeitrag können alle notwendigen Informationen quantitativ in Geld- oder Flächeneinheiten erfasst werden. Die qualitativ erfassbare Wirkung wird bis in die abschließende Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung mitgeführt und interpretativ berücksichtigt.

Abbildung 2: Bausteine der Kosten-Wirksamkeitsanalyse

Ökoeffizienz (Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung)			
Wirksamkeit/Effektivität (Treffgenauigkeits-Wirkungsbetrachtung)		Input-Outputbetrachtung	
Wirkung/ Schutzbeitrag	Treffgenauigkeit	Beihilfe je Flächeneinheit	„Korrekturfaktor“ Multifunktionalität

Quelle: Eigene Darstellung.

Die **Wirksamkeit** oder Effektivität einer AUM wird in diesem Modell bestimmt durch ihren (potenziellen) Schutzbeitrag und ihrer Lage in sensiblen Umweltbereichen (z. B. eine Grundwasserschutzmaßnahme auf nitratauswaschungsgefährdeten Flächen). Die **Input-Outputbetrachtung** erfolgt rein quantitativ. Auf der Input-Seite werden ausschließlich die Beihilfezahlungen zur Durchführung von AUM berücksichtigt. Verwaltungskosten, die bei der Administration oder den Antragstellern entstehen, bleiben unberücksichtigt.⁴ Als ein ‚Korrekturfaktor‘ wird in der Kosten-Wirksamkeitsanalyse jedoch die Multifunktionalität der Maßnahmen berücksichtigt. Damit wird der ‚ökologische Zusatznutzen‘ in monetärer Form angerechnet, der durch eine Maßnahme bei unterschiedlichen Schutzgütern (Boden, Wasser, Luft, Biodiversität, Landschaft) ausgelöst wird. Je mehr Schutzgüter positiv beeinflusst bzw. geschützt werden, desto höher fällt der Korrekturfaktor aus und desto niedriger die je Hektar anzusetzenden Beihilfesätze. Multifunktionale Maßnahmen schneiden damit beim Kriterium der Input-Outputrelation günstiger ab. Die Output-Seite wird durch die erreichte Fläche beschrieben. Die Input-Outputbetrachtung lässt sich somit durch die Größe Euro pro Hektar beschreiben.

Die Treffgenauigkeit aus der Wirksamkeitsanalyse wird ins Verhältnis zur Input-Outputbetrachtung gesetzt und durch einen (dimensionslosen) Wert als Kosten-Wirksamkeitsrelation ausgedrückt. Unter Hinzuziehung der Wirkung kann eine vollständige Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung erfolgen. Das Ergebnis dieser Analyse wird im Rahmen der Studie als **Ökoeffizienz** bezeichnet.⁵

Im Folgenden werden die Einzelschritte erläutert.

Ermittlung des Schutzbeitrages / der Ressourcenschutzwirkung

Der Schutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen zu den drei o. g. Ressourcen wurde bereits in der Halbzeitbewertung (Reiter et al., 2003) und der Aktualisierten Halbzeitbewertung (Reiter et al., 2005) ermittelt. Anhand einer Literaturstudie wurde zunächst die zu erwartende, potenzielle Ressourcenschutzwirkung eingeschätzt. Diese Einschätzung wurde mittels weiterführender Ergebnisse aus Begleitstudien, Befragungen und tiefer gehenden In-VeKoS-Datenauswertungen soweit erforderlich modifiziert.

⁴ Die Ex-post-Evaluationsgruppe zu den kapitelübergreifenden Fragen (Kapitel 10) wird sich auch der Seite der Verwaltungskosten annehmen. Aufgrund der Datenverfügbarkeit wird jedoch keine Differenzierung der Verwaltungskosten einzelner AUM, sondern nur von Haushaltslinien möglich sein, sodass die Ergebnisse hier – nicht nur aufgrund der Reihenfolge der Bearbeitung – nicht einfließen können.

⁵ Effizienz wird in der Literatur durchaus unterschiedlich verstanden. Nach der ISO-Norm (EN ISO 9000:2005) wird Effizienz als das Verhältnis zwischen dem erreichten Ergebnis und den eingesetzten Ressourcen definiert. Das Ergebnis umfasst dabei qualitative wie quantitative Aspekte. Dieser Anschauung folgt auch die GD Regio (EU-KOM, 2006), während andere Quellen Effektivität als Ziel-Wirkungsrelation und Effizienz als Input-Outputrelation definieren (Krems, 2004).

Tabelle 9: Bewertungsskala für den Schutzbeitrag (Ressourcenschutzwirkung) der AUM

Schutzbeitrag der AUM	Symbol
sehr positive Wirkung	++
positive Wirkung	+
neutrale oder keine Wirkung	0
negative Wirkung	-

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Bewertung erfolgt anhand einer vierstufigen Skala. Neben den positiven oder sehr positiven Schutzgutwirkungen sind auch neutrale/ keine oder sogar negative Wirkungaspekte denkbar. Während die meisten AUM für mehrere Schutzgüter Wirkungen zeigen, wurden negative Wirkungen nicht festgestellt.

Für die Ex-post-Evaluation wurden die Ressourcenschutzwirkungen erneut überprüft. Insbesondere konnten Ergebnisse des LAWA-Projektes (Osterburg und Runge, 2007) bei den Wirkungseinschätzungen für die Fragestellungen zum Schutzgut Wasser verglichen werden.

Ermittlung der Treffgenauigkeit

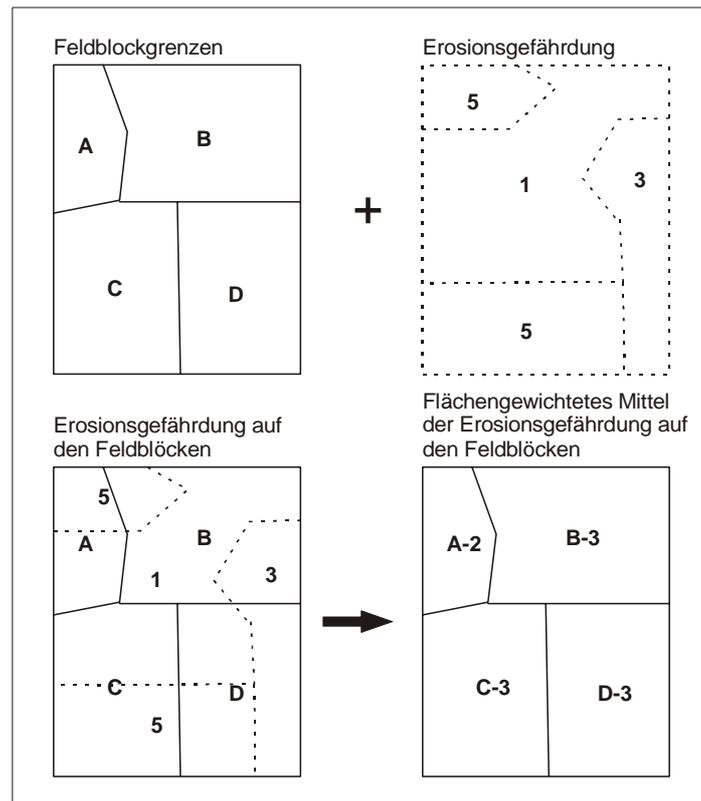
Seit Einführung des InVeKoS-GIS in 2005 ist eine bessere⁶ räumliche Verortung der AUM möglich. Somit eröffnet sich die Möglichkeit der Frage nachzugehen, ob die Fördermaßnahmen Flächen erreichen, auf denen sie einen möglichst hohen Beitrag zum Ressourcenschutz liefern können. Auf Seite der Schutzgutempfindlichkeiten liegen dazu schon seit längerem GIS-Daten vor (vgl. Kapitel 2.1). Diese können nun zur analytischen Weiterverarbeitung mit den Förderdaten in einem Geografischen Informationssystem (GIS) verschnitten werden. Eine hohe Treffgenauigkeit der AUM ist dann gegeben, wenn die Maßnahmen innerhalb von ‚sensiblen Gebieten‘ zum Einsatz kommen. Sensible Gebiete werden über die Schutzgutempfindlichkeiten vor dem Hintergrund der drei eingangs genannten Fragestellungen für die Schutzgüter Boden und Wasser definiert.

Die Grenze der räumlichen Auflösung/Genauigkeit wird dabei durch die Erfassungstiefe der InVeKoS- und/oder Umweltdaten begrenzt (vgl. Kapitel 2.1). Die Lagegenauigkeit von Maßnahmenflächen kann somit bis auf die Ebene der zugeordneten Feldblöcke bestimmt werden. Umgekehrt bedeutet das auch, dass die Umweltdaten auf Feldblockebene

⁶ Bisher war eine Lokalisierung von Maßnahmenflächen unter Verwendung der Antragsdaten nur auf Gemarkungsebene möglich.

beschrieben werden müssen. Die nachfolgende Abbildung soll dieses Vorgehen verdeutlichen.

Abbildung 3: Schematisiertes Vorgehen zur Beschreibung von Umweltdaten auf Feldblockebene



Quelle: Eigene Darstellung.

Bei den Fragestellungen müssen vier methodische Ansätze unterschieden werden.

Erosionsgefährdete Flächen (Wasser- -und Winderosion)

Für die Daten zur Erosionsgefährdung kann auf den Ansatz zur Bildung eines flächengewichteten Mittelwertes je Feldblock (Flächen A bis D in der Abbildung 3) zurückgegriffen werden. Dazu werden die Feldblockgrenzen mit denen der Erosionsgefährdung (hier mit den ordinalen Gefährdungsstufen 1, 3 und 5 in Abbildung 3) räumlich verschnitten. Im Beispiel des Feldblocks C mit annähernd gleichen Flächenanteilen der Gefährdungsstufen 5 und 1 ergibt sich über die Berechnung eines flächengewichteten Mittels die Gefährdungsstufe 3 für den gesamten Feldblock C. Die Ergebnisse der Mittelwertberechnung werden auf ganze Werte gerundet. Die Konsequenzen dieses Vorgehens werden weiter unten im Kapitel 3.1.1 dokumentiert. Für die wassererosionsgefährdeten Flächen wurden diese Arbeitsschritte bereits im LBEG, für die winderosionsgefährdeten Flächen durch den Bewerter durchgeführt.

Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung sind dann treffgenau, wenn sie in sensiblen Gebieten liegen, das heißt auf Feldblöcken, die eine Erosionsgefährdung von ‚mittel‘, ‚hoch‘ oder ‚sehr hoch‘ aufweisen. Das gilt gleichermaßen für wasser- und winderosionsgefährdete Feldblöcke.

Nitratauswaschungsgefährdete Flächen

Die nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen werden nur nominal bezeichnet (Auswaschungsgefährdung ja/nein). Der Weg der Bildung eines flächengewichteten Mittels entfällt somit. Wird durch eine räumliche GIS-Auswertung festgestellt, dass Anteile nitratauswaschungsgefährdeter Flächen auf den Feldblöcken liegen, so wird für den gesamten Feldblock eine Nitratauswaschungsgefährdung angenommen. Diese Flächen werden auch als sensible Gebiete (hinsichtlich Nitratauswaschung) bezeichnet. Inwiefern sich dadurch die Flächenanteile nitratauswaschungsgefährdeter Flächen verschieben, wird im Kapitel 3.2.1 dokumentiert.

Maßnahmen zur Reduzierung von Nitratausträgen in das Grundwasser sind dann treffgenau, wenn sie in sensiblen Gebieten, d. h. auf Feldblöcken liegen, die ganz oder teilweise eine Nitratauswaschungsgefährdung aufweisen.

Grundwasserkörper, die gemäß WRRL ‚intensiver zu untersuchen‘ sind

Die erstmalige Beschreibung der Grundwasserkörper im Hinblick auf diffuse Stoffeinträge erfolgt nominal (‚guter Zustand‘ und ‚intensiver zu untersuchen‘). Auch bei diesem Thema wird auf die Bildung eines flächengewichteten Mittels verzichtet und Feldblöcken mit Anteilen an Grundwasserkörpern mit unklarer Zielerreichung diese Bewertung zugewiesen. Diese Flächen werden im Weiteren auch als sensible Gebiete bezeichnet. Inwiefern sich dadurch die Flächenanteile der Bewertungskategorien der WRRL verschieben, wird im Kapitel 3.2.1 dokumentiert.

Maßnahmen zur Reduzierung von diffusen Stoffeinträgen in das Grundwasser sind dann treffgenau, wenn sie in sensiblen Gebieten, d. h. auf Feldblöcken liegen, die ganz oder teilweise die Bewertung ‚intensiver zu untersuchen‘ aufweisen.

Stoffeintragsgefährdete Oberflächengewässer

Die Ermittlung von Feldblöcken, die an Oberflächengewässer angrenzen, erfolgt mittels eines Distanzpuffers, der um die Gewässer gelegt wird. Für alle Feldblöcke, die innerhalb dieses Puffers liegen oder durch ihn angeschnitten werden, gilt die Annahme, dass sie einen direkten Beitrag zum Oberflächengewässerschutz liefern können (Bach; Fabis und Frede, 1997; zur Bedeutung der Abstandsfunktion vgl. z. B. Peter und Wohlrab, 1990). Diese Flächen werden als sensible Gebiete (hinsichtlich des Oberflächenwasserschutzes) bezeichnet.

Der Wirkungsbeitrag besteht darin, dass

- direkte Stoffeinträge vermieden werden (z. B. Abdrift von PSM-Anwendungen, Einträge von Weidevieh);
- Transportwege des Stoffeintrags unterbunden werden (z. B. durch die Blockade von Erosionsfließstrecken durch Grasstreifen oder durch die winterliche Stickstofffixierung in Zwischenfrüchten);
- Quellen von Stoffeinträgen reduziert werden (z. B. durch den Verzicht auf PSM-Anwendung und Düngung oder durch die flächenhafte Erosionsvermeidung).

Eine Betrachtung diffuser Stickstoffeintragungspfade über das Grundwasser in Oberflächengewässer erfolgt somit nicht. Hierfür müsste das gesamte Einzugsgebiet der Gewässer berücksichtigt werden. Gleichwohl können mit der durchgeführten Analyse auch Stickstoffeintragungspfade über den Zwischenabfluss (Interflow) sowie Einträge über ein Dränagesystem erfasst werden. Der Fokus liegt jedoch auf den oberirdischen Eintragungspfaden, seien sie direkt oder durch Erosion bedingt (wobei im Flachland auch die Winderosion eine Rolle spielen kann). Dabei kann neben dem Phosphoreintrag auch ein nennenswerter Stickstoffeintrag durch Erosion erfolgen, wie Untersuchungen aus Mecklenburg-Vorpommern zeigen (LUNG, 2002).

Zur Bestimmung einer Abstands- bzw. Pufferdistanz bieten sich verschiedene Herangehensweisen an, wie z. B. die Diskussion von Mindestbreiten von Gewässerrandstreifen (Knauer und Mander, 1989; LUNG, 2002) oder der Abgrenzung von Auen anhand bodenkundlicher oder geologischer Merkmale (z. B. Freiberg; Rasper und Sellheim, 1996; LBEG, 2007) zeigt. Auf den Einfluss der Hanglänge auf die Erosionsdisposition wird in den verschiedenen Studien zur Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) hingewiesen (z. B. Erdmann, 1998). Oberflächenabfluss kann durchaus Strecken von mehreren hundert Metern zurücklegen. Zusammenfassende Auswertungen des LUA (1996) zeigen folgende Ergebnisse (S. 26):

- „Im statistischen Mittel kann bei Gewässerrandstreifen von 5 m Breite davon ausgegangen werden, dass durch die die Nitratkonzentration des Oberflächenabflusses um lediglich 0 bis 38 % verringert werden, im Mittel um 20 %.
- Erst bei 20 m Breite kann im statistischen Mittel von Retentionsleistungen zwischen 55 und 98 % ausgegangen werden. Diese würden durchschnittlich 78 % betragen.
- Ein vollständiger Rückhalt der Nitratreinträge ist erst ab 100 m Breite zu erwarten.“

Allerdings sind hierbei nicht die wahrscheinlichen Nitrattransportprozesse über den Zwischenabfluss oder das Grundwasser berücksichtigt. In einer Modelluntersuchung an der Havel kommen die Autoren darüber hinaus zu folgender Aussage: „Was die flächenhaften Stoffeinträge in Gewässer betrifft, so wären z. B. 100 bis 200 m breite Zonen Gewässer

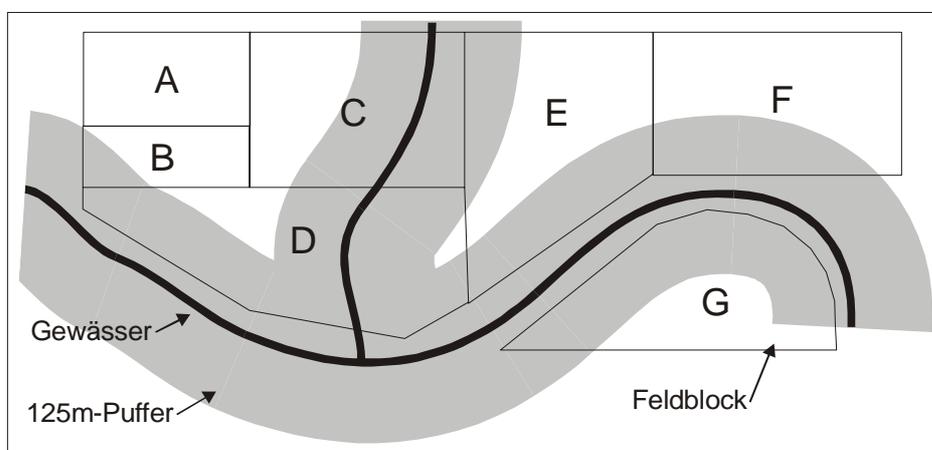
schonender Landwirtschaft vielleicht sogar kostengünstiger – sicher aber wirksamer – als eine aufwändige Implementierung von Gewässerrandstreifen“ (LUA, 1996, S. 71).

Darüber hinaus müssen GIS-technische Unwägbarkeiten in Betracht gezogen werden, die ebenfalls Bedeutung für die Wahl des Distanzpuffers haben. Viele Gewässer sind nur linienhaft (also ohne räumliche Ausdehnung) erfasst worden, sodass in einer geografischen Projektion nicht unbedingt eine direkte Benachbarung zwischen Feldblöcken und Gewässern festgestellt werden kann. Diese (scheinbare) Distanz zwischen Gewässer und Feldblock muss GIS-technisch überbrückt werden. Der ‚Fehler‘ kann zusätzlich aus unterschiedlichen Erfassungsmaßstäben und/oder Bearbeitungsungenauigkeiten vergrößert, aber auch verringert werden.

Unter der Berücksichtigung der genannten Quellen sowie der GIS-technischen Unwägbarkeiten wurde ein Puffer von 125 m beidseitig der Gewässer gewählt und alle dadurch betroffenen Feldblöcke selektiert. Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung sind dann treffgenau, wenn sie innerhalb dieser sensiblen Gebiete liegen.

Dieses Vorgehen hat u. U. erhebliche Konsequenzen für den Flächenumfang, der in die Treffgenauigkeitsanalysen einbezogen wird, wie die nachfolgende Abbildung 4 veranschaulichen soll. Es wird deutlich, in welchem unterschiedlichem Ausmaß die Feldblöcke A bis G durch den Gewässerpuffer erfasst werden. Bei linearen Strukturen (Gewässern) tritt sehr häufig der Fall auf, dass nur geringe Feldblockanteile de facto für die Analyse relevant wären. Da die Lage der Maßnahmenflächen innerhalb der Feldblöcke aber nicht lokalisiert werden kann, muss auf die gesamte Feldblockfläche zurückgegriffen werden. Da durch ist z. B. tendenziell eine Überschätzung der Treffgenauigkeit zu erwarten.

Abbildung 4: Durch eine Pufferfläche entlang von Gewässern angeschnittene Feldblöcke



Quelle: Eigene Darstellung.

Alternativ könnte mit prozentualen Flächenanteilen der betroffenen Feldblockflächen gearbeitet werden. Diese könnten im gleichen Verhältnis auf die Maßnahmenflächen auf den einzelnen Feldblöcken umgelegt werden. Dadurch reduziert sich die als sensibel eingestufte Fläche zwar erheblich (im oben dargestellten Beispiel um ca. die Hälfte), es kann durch ein solches Vorgehen jedoch auch nicht sichergestellt werden, dass treffgenaue Maßnahmenanteile in einer realitätsnäheren Größenordnung ermittelt werden können, da auch diesem Vorgehen nicht überprüfbare Annahme zu Grunde liegen (z. B. gleichmäßige Verteilung der Maßnahmenfläche auf der Feldblockfläche).

Unabhängig von der angewendeten Methode, sind die **absoluten Größenordnungen** der Treffgenauigkeitsauswertungen an Oberflächengewässern sehr kritisch zu hinterfragen. Der Einfluss auf das **Ranking** der Maßnahmen untereinander dürfte jedoch unerheblich sein und damit auf die Bestimmung der Ökoeffizienz, die die ‚Performance‘ der Maßnahmen **relativ zueinander** vergleicht keinen (großen) Einfluss haben.

Darstellung der Treffgenauigkeit

Die Treffgenauigkeit der Maßnahmen wird mit ihrer Trefferfläche im sensiblen Gebiet in Hektar und ihrer Treffgenauigkeit als Prozentanteil der jeweiligen Maßnahme im sensiblen Gebiet angegeben. Es lassen sich Aussagen ableiten, welche Maßnahmen am umfangreichsten die sensiblen Gebiete erreichen.

Die Ermittlung der im folgenden als „LF“ bezeichneten Fläche als Referenz für die Darstellung des Umfangs der sensiblen Gebiete und zur Beschreibung der Treffgenauigkeit erfolgt anhand der Feldblockflächen aus dem InVeKoS-GIS. Die so ermittelte „digitalisierte Feldblockfläche“ entspricht daher nicht den Werten der LF der offiziellen Agrar- oder Landesstatistik. Die Berechnung der Landnutzungstypen innerhalb der sensiblen Gebiete erfolgt hingegen mit Hilfe des Flächen- und Nutzungsnachweises (FNN). Auch dabei kann es Abweichungen zum Gesamtflächenumfang im Vergleich zum InVeKoS-GIS und der offiziellen Statistik geben. Der wichtigste Grund für Abweichungen besteht darin, dass zu einzelnen Feldblöcken oder Feldblockteilen keine entsprechenden Flächennachweise vorzufinden waren. Dadurch wird aber lediglich die Darstellung der prozentualen Anteile der Maßnahmen an der LF bzw. am sensiblen Gebiet beeinflusst, nicht aber die Maßnahmenbewertung in Form eines Rankings der Treffgenauigkeit.

Des Weiteren werden die Flächenanteile der Maßnahmen im sensiblen Gebiet im Verhältnis zu der gesamten Maßnahmenfläche im sensiblen Gebiet dargestellt (Anteile in Prozent). Damit kann der Flächenbeitrag einzelner Maßnahmen im Gesamtmaßnahmenmix zum Ressourcenschutz ausgedrückt werden. Dieser Schritt ist für die weiteren Arbeitsschritte zur Bestimmung der Kosten-Wirksamkeitsrelation erforderlich. Er ermöglicht einen relativen Vergleich der Maßnahmen untereinander. Eine absolute Einschätzung, z. B. in Form einer Grenzziehung für eine Bewertung wie ‚gute‘ oder ‚schlechte‘ Treffgenauig-

keit ist nicht möglich. Als Orientierungswert wird daher immer der Mittelwert aller Maßnahmen herangezogen.

Einfluss von Förderkulissen auf die Treffgenauigkeit

Fachlich definierte Förderkulissen werden ausgewiesen, um ‚Streuverluste‘ von Maßnahmen zu minimieren und eine möglichst hohe Treffgenauigkeit der Maßnahmen zu erreichen. Förderkulissen sind daher immer für bestimmte Problemgebiete und zugeordnete Lösungsansätze (Maßnahmen) definiert.

In Niedersachsen bestehen Kulissen z. B. für die Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes. Diese Maßnahmen haben daher auch klar definierte und i. d. R. stark begrenzte Ressourcenschutzziele mit Hauptwirkungen in den entsprechenden Bereichen. Die Bewertungsfragen der KOM und damit auch dieser Untersuchungsansatz zielen auf Wirkungen ab. Maßnahmen mit Förderkulissen und eng umrissener Zielsetzung intendieren sehr spezifische Wirkungen. Es ist daher zu erwarten, dass ihre Treffgenauigkeit für Ressourcenschutzwirkungen außerhalb ihrer intendierten Ziele tendenziell schlechter ausfällt. Die Effekte von Förderkulissen sind daher bei der Interpretation der Treffgenauigkeit zu berücksichtigen. Grundsätzlich sind Kulissen im Hinblick auf einen zielgerichteten Finanzmitteleinsatz zu befürworten.

Einfluss von rotierenden Maßnahmeflächen auf die Treffgenauigkeit

Einige Maßnahmen sind in den Fruchtfolgewechsel eingebunden und damit nicht fest für die Vertragsdauer an einen Feldblock gebunden. Für diese Maßnahmen kann die Analyse der Treffgenauigkeit nur eine Momentaufnahme des gewählten Förderjahres darstellen. In Niedersachsen betrifft das z. B. die MDM-Verfahren oder die Zwischenfrüchte, die in die Fruchtfolge eingebunden sind.

Einfluss der Maschinenförderung im Rahmen des AFP auf die Treffgenauigkeit

In Niedersachsen wurden im Rahmen des Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) in den Jahren 2000 bis 2005 insgesamt 213 Mulchsaatgeräte gefördert; im Jahr 2006 weitere 43 Geräte. Um eine Doppelförderung auszuschließen, ist diesen Betrieben die Teilnahme an MDM-Verfahren im Rahmen des NAU nicht erlaubt. Dennoch ist auf diesen Betrieben mit einem Einsatz von MDM-Verfahren zu rechnen, die jedoch nicht in die Ökoeffizienzbetrachtung einfließen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Erosionsgefährdungssituation auf der LF bzw. dem Ackerland der geförderten Betriebe. Es ist davon auszugehen, dass auf rd. 7.000 ha erosionsgefährdetem Ackerland MDM-Verfahren zum Einsatz gelangen können.

Tabelle 10: Erosionsgefährdung auf Betrieben mit Investitionsförderung für Mulchsaatgeräte in Niedersachsen

Betriebe mit Investitionsförderung für Mulchsaatgeräte ¹⁾	LF gesamt	Erosionsgefährdete LF ²⁾	Erosionsgefährdetes Ackerland ²⁾
[n]	[ha]	[ha]	[ha]
250	31.379	7.550	7.058

1) Es haben 256 Betriebe in den Jahren 2003 - 2006 eine Investitionsförderung für Mulchsaatgeräte erhalten. Über die EU-Fördernummer konnten für 250 Betriebe die Förderdaten und die InVeKoS-Daten zur Flächennutzung für die Jahre 2005 und 2006 zusammengespielt werden.

2) Gefährdungsstufen mittel, hoch, sehr hoch. Flächenangaben laut FNN.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage des InVeKoS-GIS und FNN 2005.

Ermittlung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit betrachtet die Wirkungen (vgl. ‚Ermittlung des Schutzbeitrages‘ in diesem Kapitel) der Maßnahmen im Hinblick auf das jeweilige Ressourcenschutzziel unter Hinzuziehung der Treffgenauigkeit. Zur Auswertung können die Maßnahmen entsprechend gruppiert und innerhalb der Gruppen einem Ranking unterzogen werden. Für die beiden Wirkungsgruppen [+ , ++] werden getrennt Durchschnittswerte der Treffgenauigkeit berechnet, die als grober Anhaltspunkt für die Einschätzung der Wirksamkeit dienen (relativ über- und unterdurchschnittliche Wirksamkeit). Dabei wird auch berücksichtigt, ob für die betrachteten Maßnahmen ein Ressourcenschutzziel (entsprechend des jeweiligen Untersuchungsgegenstandes) formuliert wurde oder nicht.

Tabelle 11: Schematische Darstellung der Wirksamkeit

Maßnahme	Ziel	Schutzbeitrag/ Wirkung [+ , ++]	Trefferfläche [ha der Maßnahmenfläche im sensiblen Gebiet]	Treffgenauigkeit [% der Maßnahmenfläche im sensiblen Gebiet]
M1		++	8.000	85
M2	•	++	15.000	35
M3		++	5.500	30
M4		+	11.000	45
M5	•	+	8.000	20
Mn	

Quelle: Eigene Darstellung.

Ermittlung der Input-Outputrelation

Die Input-Outputrelation wird durch den Beihilfesatz je Hektar [EUR/ha] für jede Maßnahme beschrieben.

Während die Output-Seite vergleichsweise leicht aus den InVeKoS-Daten generiert werden kann, muss die Input-Seite für einige Maßnahmen aus der geförderten Fläche und den Auszahlungsdaten bestimmt werden. Für alle Maßnahmen, deren Beihilfehöhe entweder von der in Anspruch genommenen Maßnahmenvariante und/oder von standörtlichen Bedingungen abhängt, wurde ein flächengewichtetes Mittel anhand der Angaben in den Fördertabellen aus Förderflächen und den korrespondierenden Zahlungsbeträgen ermittelt⁷. Als Ergebnis wird also ein landesweiter Durchschnittswert der Beihilfe je Hektar gebildet (‚Beihilfesatz durchschnittlich‘).

Darüber hinaus ist die **Multifunktionalität** von Maßnahmen bei der Beurteilung ihres Input-Outputverhältnisses zu berücksichtigen. Den meisten AUM ist inhärent, dass sie nicht nur für ein Schutzgut positive Wirkungen entfalten, sondern für mehrere gleichzeitig. Das muss nicht unbedingt den (primären) Zielsetzungen der Maßnahme entsprechen, ist aber entsprechend der Bewertungsmethodik der EU-KOM (2000) auf der Wirkungsseite positiv anzurechnen. Dementsprechend ist auch der finanzielle Aufwand der Maßnahme vor dem Hintergrund ihrer multiplen Wirkungsbeiträge zu bewerten. Dazu wird der Beihilfesatz auf die Anzahl der (hier betrachteten) Wirkungsbeiträge umgelegt. Durch die Berücksichtigung des ‚Korrekturfaktors Multifunktionalität‘ resultieren niedrigere Beihilfesätze je Hektar geförderter Flächen.

⁷

Aufgrund variierender Inhalte der Fördertabellen wurde die Berechnung für MSL-Maßnahmen anhand der Zahlen aus 2004 und für die Vertragsnaturschutzmaßnahmen mit Zahlen für 2005 durchgeführt.

Tabelle 12: Schematische Darstellung der Input-Outputrelation am Beispiel von Maßnahmen mit Boden-/Erosionsschutzwirkung

Maßnahme	Ziel	Wirkung auf Schutzgut ...				Beihilfesatz	
		Wasser	Luft	Biodiversität	Landschaft	Durchschnitt EUR/ha	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors EUR/ha
M1		x	x		x	50	13
M2	•	x	x	x	x	130	26
M3		x	x	x	x	172	34
M4	•	x		x		104	35
M5		x	x	x	x	225	45
Mn		x		x	x

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Betrachtung von Maßnahmen mit den Wirkungen [0] oder [-] trägt hier allerdings nicht zum Erkenntnisgewinn bei, sofern diese Maßnahmen damit nicht ihre Zielsetzung verfehlen. Ein Beispiel soll dies illustrieren: Die Maßnahme des Vertragsnaturschutzes ‚Kooperationsprogramm Biotoppflege‘ zielt auf einen Beitrag zur Bewahrung der Biodiversität. Die Ausgestaltung der Maßnahme lässt einen Wirkbeitrag zur Erhaltung extensiver Nutzungsformen und daran angepasster Tier- und Pflanzenarten erkennen und wird somit ihrer Zielsetzung gerecht. Sie liefert jedoch keinen Beitrag zum Wasser- oder Bodenschutz. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung der Maßnahme kann dies nicht negativ in einer Effizienzbetrachtung angerechnet werden. Maßnahmen mit neutralen oder negativen⁸ Wirkungen werden daher nicht berücksichtigt, sofern sie damit nicht ihre Zielstellung verfehlen. Neben den Wirkungen werden daher die Zielsetzungen zu den Maßnahmen aufgezeigt.

Des Weiteren werden Beihilfeanteile der Maßnahmen berechnet, da sie für die weiteren Schritte der Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung relevant sind. Die Beihilfeanteile der Maßnahmen errechnen sich aus der Beihilfesumme der Maßnahme im Verhältnis zur Summe der Beihilfen aller Maßnahmen, unabhängig davon ob sie sensible Gebiete erreichen oder nicht. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass einige Maßnahmen (insbesondere solche ohne Förderkulisse) nur unter Inkaufnahme hoher ‚Streuverluste‘ Flächen in den sensiblen Gebieten erreichen. Bei diesen Maßnahmen ist ein vergleichsweise höherer finanzieller Aufwand erforderlich, um – quasi als ‚Miteinkauf‘ – auf sensiblen Flächen einen Schutzbeitrag zu leisten. Dieser ‚Miteinkauf-Effekt‘ tritt besonders bei flächenstarken

⁸ Lediglich theoretische Annahme; der Fall kommt nicht vor.

horizontalen Maßnahmen, wie z. B. der betrieblichen Grünlandextensivierung oder dem Ökolandbau auf. Durch den großen Flächenanteil und die i. d. R. hohe Streubreite der Förderflächen werden in gewissem Umfang auch sensible Gebiete erreicht. Anders herum – aus ‚Schutzgutsicht‘ – betrachtet müssen die Beihilfen, die für nicht-sensible Gebiete verausgabt werden, als Fehlallokation betrachtet werden, die aufgrund der Maßnahmenausgestaltung (fehlende Förderkulisse) in Kauf genommen werden müssen.

Deshalb wird als Korrekturfaktor die Beihilfesumme der jeweiligen Maßnahme insgesamt angesetzt. Eine hinreichende Aussagekraft erlangt dieser Zwischenschritt in der Kombination mit den berechneten Flächenanteilen der Maßnahmen, was bei der Betrachtung der Kosten-Wirksamkeitsrelation geschieht (siehe nachfolgend).

Ermittlung der Kosten-Wirksamkeitsrelation

Die Kosten-Wirksamkeit besteht aus der Gegenüberstellung und dem Vergleich der spezifischen Kosten einer Maßnahme mit dem Maß (oder den mehreren Mäßen) ihrer erwünschten Wirkung (Hanusch, 1994). In den vorhergehenden Schritten wurden die Bausteine der Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung vorbereitet. Sie werden hier analytisch zusammengeführt. Formelhaft ausgedrückt kann von der Kosten-Wirksamkeitsrelation als Quotient aus Wirksamkeit und Kosten (hier nur mit der Kostenkomponente ‚Beihilfe je Hektar Förderfläche‘) bei einem gegebenen Ziel gesprochen werden.

$KW_{M1} = \frac{W_{11}}{K_1}$	<u>mit:</u>	
	KW _{M1}	Kosten-Wirksamkeit der Maßnahme 1 - hier mit einem Relationswert (quantitativ) - und einer Wirkungseinschätzung (qualitativ)
	W ₁₁	Wirksamkeit der Maßnahme 1 für Kriterium 1 - hier mit der Wirkung 1 (qualitativ) - und der Treffgenauigkeit 1 (quantitativ)
	K ₁	Kosten der Maßnahme 1 - hier als Beihilfehöhe unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors Multifunktionalität (quantitativ)

Die Kostenwirksamkeit der Maßnahmen kann wie in Tabelle 13 gezeigt dargestellt werden. Darüber hinaus erfolgt eine Gesamtschau der Einzelbewertungsschritte. Sie erlauben weitergehende interpretative Ansätze.

Tabelle 13: Ergebnisdarstellung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse

Maßnahme	Ziel	Schutzbeitrag/ Wirkung [+, ++]	Kosten- Wirksamkeitsverhältnis [Flächenanteile / Kostenanteile]	Ranking [Präferenzreihenfolge aufgrund des Kosten-Wirksamkeits- verhältnisses]
M1		++	4,89	1
M4		+	1,27	2
M2	•	++	0,32	3
M5	•	+	0,21	4
M3		++	0,19	5
Mn		...		

Quelle: Eigene Darstellung.

Grenzen der Interpretierbarkeit der Kosten-Wirksamkeitsrelationen

Das Ergebnis der Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung ermöglicht die Auswahl von zu präferierenden Maßnahmen im Hinblick auf unterschiedliche Ressourcenschutzziele. Dazu stellt sie einen Vergleich der Kosten (Beihilfe je Flächeneinheit) mit mehreren Effektivitätskriterien an (Wirkung, Treffgenauigkeit und Flächenumfang der Maßnahmen).

Das Ergebnis setzt sich aus einer qualitativen (Wirkung [+, ++]) und einer quantitativen (dimensionsloser Relationsquotient) Komponente zusammen. Diese können nur zusammen interpretiert werden. Darüber hinaus zeigt das Ergebnis keine absoluten Vorteile und muss die Gewichtung einzelner Kriterien letztendlich dem Entscheidungsträger überlassen. Dieser Hinweis ist umso wichtiger, als dass auf der Kostenseite mit der Beihilfeshöhe nur eine, wenn auch wesentliche, Kostenkomponente berücksichtigt werden konnte.

Um eine Interpretation zu erleichtern, werden die analysierten Kriterien der Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung noch einmal nebeneinander gestellt (vgl. Tabelle 14). Dabei werden ausschließlich Maßnahmen berücksichtigt, die eine sehr positive Wirkungseinschätzung [++] oder überdurchschnittliche Einzelergebnisse haben (jeweils gemessen am arithmetischen Mittel). Das theoretische Beispiel zeigt, dass die Maßnahme M2 die günstigste Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweist, obwohl sie keine gute (= überdurchschnittliche) Treffgenauigkeit hat und auch nur mit geringen Flächenanteilen in sensiblen Gebieten vertreten ist. Das gute Kosten-Wirksamkeitsverhältnis beruht ausschließlich auf einem (sehr) niedrigen Beihilfesatz. Darüber hinaus ist ersichtlich, dass die Maßnahme keine Zielformulierung für die untersuchte Ressource hat, aber dennoch eine sehr positive Wirkung [++] in Hinblick auf das Schutzgut entfaltet.

Dem Entscheidungsträger bleibt es überlassen, diese Kriterien zu gewichten, gegeneinander abzuwägen und ggf. weitere zur Entscheidungsfindung hinzuzuziehen.

Tabelle 14: Beispiel für Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= Durchschnitt]	Flächenanteile [>= Durchschnitt]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= Durchschnitt]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= Durchschnitt]
1	• M1	• M6	M9	M2	M2
2	M2	• M3	• M3	• M8	• M9
3	• M3	• M1	M7	• M9	• M8
4	• M4	M7		M7	• M3
5		• M8		M5	M7
6				M10	

• Maßnahmen mit Ressourcenschutzziel

Quelle: Eigene Darstellung.

Bei den Interpretationsmöglichkeiten müssen darüber hinaus folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Ein Vergleich der Kosten-Wirksamkeitsrelation kann streng genommen immer nur innerhalb homogener Gruppen vorgenommen werden, so z. B. innerhalb der Gruppe der Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung.
- Der ‚Abstand‘ zwischen einer Kosten-Wirksamkeit von 4,89 und 1,27 (vgl. Beispiel in der Tabelle) kann nicht definiert werden. Der Wert der Kosten-Wirksamkeitsrelation lässt somit zwar ein Ranking zu, aber keine Aussagen über die Größe von Qualitätsunterschieden zwischen den Maßnahmen.
- Genauso wenig ist der ‚Abstand‘ zwischen den Wirkungsklassen [0, + und ++] definiert. Gleichzeitig beeinflusst aber die Wirkungseinschätzung entscheidend das Endergebnis. Dies ist ein Grund, warum in Zukunft versucht werden soll, die Wirkungsseite quantitativ zu beschreiben.
- Maßnahmen mit einem spezialisierten Ansatz müssen häufig höhere Beihilfesätze haben, um die gewünschten Flächen erreichen zu können. Sie erlangen dadurch eine sehr hohe Wirksamkeit, haben aber auch höhere Kosten. Solche speziellen Ressourcenschutzwirkungen kann die Kosten-Wirksamkeitsanalyse (derzeit) nicht ausreichend würdigen. Sie sind durch die Entscheidungsträger zu berücksichtigen.
- Der Einfluss von Förderkulissen spezialisierter Maßnahmen auf andere als die intendierten Ressourcenschutzwirkungen kann nicht hinreichend eingeschätzt werden. I. d. R. ist für nicht intendierte, d. h. nicht mit einem Ziel belegte Wirkungen eher eine negative Beeinflussung der Treffgenauigkeit anzunehmen.

- Die Auswertung von Maßnahmen ohne Ressourcenschutzziel oder mit nur diffuser Zielformulierung (z. B. ‚abiotischer Ressourcenschutz‘) ist streng genommen in einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse nicht möglich. Zwar lässt sich deren Kosten-Wirksamkeitsverhältnis beschreiben, aber bereits bei der Wertung der Ergebnisse gibt es methodische Probleme und spätestens bei der Formulierung von Empfehlungen sind kaum noch zulässige Aussagen möglich.
- Nicht zuletzt sind die Rahmen setzenden Bedingungen der Ausgangsdaten, deren Projektion auf die Feldblöcke, ihr Herkunftsmaßstab und ihre Klassenbildung bei der Interpretation zu berücksichtigen. Trotz transparenter Herleitung und Darstellung ist es nicht immer evident, welchen Einfluss diese Aspekte auf das Endergebnis nehmen.

3 Ökoeffizienz der Maßnahmen

Lesehinweis: Die nachfolgenden Kapitel 3.1, 3.2 und 3.3 befassen sich mit den drei Leitfragen (und Schutzgütern) der Untersuchung. Sie sind identisch strukturiert, sodass sich an einigen Stellen kürzere Wiederholungen ergeben. Der Textaufbau wurde bewusst so gewählt, um dem ‚selektiven Leser‘ ein häufiges Blättern zu ersparen. Für die Darstellung methodischer Aspekte sei an dieser Stelle noch einmal auf das Kapitel 2.2 verwiesen.

3.1 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Bodenerosion

3.1.1 Problemlage in Niedersachsen

Zielsetzung des Entwicklungsplans

Das für NAU-Maßnahmen bestehende allgemeine Ressourcenschutzziel ‚Schutz des Bodens vor Beeinträchtigungen‘ wurde mit Einführung der fakultativen Modulationsmaßnahmen ergänzt und konkretisiert: Für die Mulch-, Direktsaat- und Mulchpflanzverfahren wird der Schutz vor Wind- und Wassererosion und für den Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten der Schutz vor Winderosion als Schutzziel festgelegt.

Gefährdung durch Wassererosion

Der Gefährdung durch Wassererosion liegt ein Faktorenkomplex zu Grunde (Frielinghaus et al., 1999), der in Standortfaktoren mit längerfristiger Wirkung und Nutzungsfaktoren mit kurzfristiger Wirkung unterschieden werden kann (BMVEL, 2001). Auf Grund der gegebenen Standortvoraussetzungen können dabei die Erosionseffekte regional unterschiedlich stark ausfallen (Blume, 1996; Schwertmann; Vogl und Kainz, 1990). Punktuelle Messungen von Rathe weisen eine Spannweite der Abtragswerte zwischen 0,5–54,0 t/ha und Ereignis auf (Rathe, 1998). Brunotte schätzt den mittleren jährlichen Bodenabtrag auf

etwa 5 t/ha und Jahr (Brunotte, 1990). In einer bundesweit angelegten Simulationsstudie im Auftrag des UBA kommen Erhard et al. auf ein mittleres Bodenabtragsrisiko von 3-4 t/ha*a in einigen Landkreisen Südniedersachsens (Erhard et al., 2002). Für den größten Teil des Landes im Bereich der norddeutschen Tiefebene werden hingegen sehr niedrige Schätzwerte von < 0,5 t/ha und Jahr angegeben.

Wassererosionsgefährdung auf den Feldblöcken

Auch bei einer Betrachtung der vom LBEG ausgewiesenen mittlere Erosionsgefährdung je Feldblock in ihrer räumlichen Verteilung wird deutlich, dass die gefährdeten Gebiete sich zum überwiegenden Teil auf die Hanglagen der Mittelgebirge, vom Teutoburger Wald über das Weserbergland bis hin zum Harzvorland konzentrieren (vgl. Karte A-1). Aber auch im norddeutschen Flachland ist in welligen Regionen, z. B an Geestkanten, mit erhöhtem Abtragsrisiko zu rechnen.

Berechnet man die Flächenanteile der Erosionsgefährdungsstufen an der gesamt über die Feldblöcke erfassten landwirtschaftlichen Flächen (vgl. Tabelle 15), ergibt sich landesweit gesehen auf über 50 % der niedersächsischen Feldblöcke keine Wassererosionsgefährdung (unter Hinzuziehung der Gefährdungsklasse ‚sehr gering‘ sogar über 81 %). Rund 12,5 % oder 336.000 ha fallen in die Gefährdungsstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ mit alleine rd. 155.000 ha in der besonders hoch gefährdeten Kategorie. Rein auf Ackerflächen bezogen stufen Schäfer et al. (2002) für das Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen unter Einbeziehung einer angenommenen fruchtfolgetypischen Bodenbedeckung eine Fläche von 82.586 ha als ‚wahrscheinlich gefährdet‘ und 15.841 ha als ‚sehr wahrscheinlich gefährdet‘ ein.

Tabelle 15: Wassererosionsgefährdung auf den Feldblöcken Niedersachsens

Erosionsgefährdung	Fläche auf den Feldblöcken	Anteil an der LF ¹⁾	Anteil an der Landesfläche
	[ha]	[%]	[%]
keine Daten	3.325	0,1	0,1
keine	1.507.448	56,2	31,7
sehr gering	679.736	25,4	14,3
gering	157.453	5,9	3,3
mittel	67.817	2,5	1,4
hoch	113.594	4,2	2,4
sehr hoch	154.817	5,8	3,3
Summe	2.680.866	100,0	56,3
'mittel' bis 'sehr hoch' gefährdete Flächen	336.228	12,5	7,1

1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Auswertungen auf Grundlage von LBEG (2006) und InVeKoS-GIS.

Die potenzielle Erosionsgefährdung kommt in Abhängigkeit der aktuell vorherrschenden Landnutzung nicht auf allen Flächen gleichermaßen zum Tragen. So bietet Grünland einen sehr guten Erosionsschutz auch auf hoch gefährdeten Flächen, während unter Ackernutzung Erosionsereignisse auftreten können. Tabelle 16 zeigt die Nutzungsverteilung auf den Gefährdungstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘, d. h. in den sensiblen Gebieten.

Tabelle 16: Landnutzungstypen auf den Erosionsgefährdungstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ (Wassererosion)

Grünland		Ackerland		Dauerkulturen		Wald ¹⁾		Gesamt	
[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]
55.844	2,1	270.446	10,1	349	0,0	68	0,0	326.708	12,2

1) Es handelt sich ausschließlich um den im FNN als förderrelevant erfassten Wald, i. d. R. Erstaufforstung.

Die Fläche der Nutzungstypen wurde dem FNN entnommen, die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von LBEG (2006), FNN und InVeKoS.

Man erkennt die Dominanz der Ackernutzung in den sensiblen Gebieten; sie umfasst mit knapp 270.500 ha 83 % der Nutzungstypen in den sensiblen Gebieten und 10 % der LF. Während die übrigen Nutzungen eine marginale Rolle spielen, umfasst die Grünlandnutzung mit knapp 56.000 ha das restliche Viertel der Nutzungstypen. Den Grünlandflächen

kommt eine wichtige Rolle zur Erhaltung bestehenden Erosionsschutzes zu. Allerdings zeigt eine differenzierte Auswertung innerhalb des Nutzungstyps Grünland, dass kein Nutzungsschwerpunkt Grünland auf den ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ gefährdeten Flächen vorliegt; vielmehr liegen über 92 % der Grünlandnutzung in ‚nicht‘ bis ‚gering‘ gefährdeten Gebieten. Die Auswertung innerhalb des Nutzungstyps Acker zeigt eine fast identische Verteilung, bei sogar etwas höheren Anteilen in den ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ gefährdeten Gebieten. Absolut betrachtet, hat die Ackernutzung hier jedoch deutlich mehr Flächenumfang als die Grünlandnutzung (vgl. oben).

Hieraus lässt sich ableiten, dass für einen effektiven Erosionsschutz vermehrt Grünlandnutzung in erosionsgefährdeten Gebieten angestrebt und/oder ackerbauliche bodenschützende Maßnahmen eingesetzt werden sollten.

Gefährdung durch Winderosion

Auch für die Winderosion ist von Rathe (1998) die Spannweite der gemessenen Abtragsmengen von Einzelereignissen aufgezeigt worden. Mit 0,8–172 t/ha je Ereignis kann diese noch erheblich größer ausfallen als die der Wassererosion.

Die regionale Verteilung der auf Feldblöcke transponierten Erosionsgefährdungsstufen nach LBEG (Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind (EfA), NLFb, 2002) weist einen enormen Anteil erosionsgefährdeter Standorte im gesamten norddeutschen Tiefland auf (vgl. Karte A-2). Potenziell hoch gefährdet sind vor allem die leichten und trockenen Sandböden der Geestlandschaften und ackerbaulich genutzte Niedermoorböden.

Im Folgenden kann jedoch nur die Fläche potenzieller Winderosionsgefährdung betrachtet werden. Insbesondere müssen lineare Landschaftsstrukturen, die häufig auch gezielt zum Zweck des Windschutzes angelegt werden und das Erosionspotenzial erheblich und großflächig mindern können, unberücksichtigt bleiben. Ggf. werden hierzu in Zukunft mit Hilfe der Auswertung von Landschaftselementen aus dem InVeKoS oder anderen Quellen weitergehende und konkretisierende Auswertungen möglich. Über den aktuell, d. h. tatsächlich gefährdeten Flächenumfang sind daher keine Aussagen möglich.

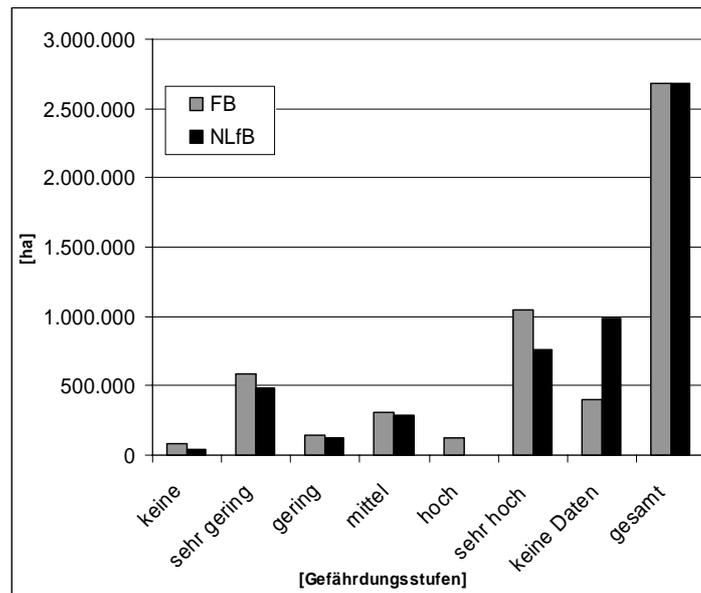
Winderosionsgefährdung auf den Feldblöcken

Die Winderosionsgefährdung auf den Feldblöcken Niedersachsens wird in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls auf Feldblockebene beschrieben. Das Vorgehen dazu wurde ausführlich in Kapitel 2.2 erläutert. Die Konsequenzen des Vorgehens für die Flächenbilanz der Erosionsgefährdungsklassen wird in Abbildung 5 veranschaulicht.

Es wird deutlich, dass die die Eingangsdaten des NLFb relativ viele Informationslücken auf Teilen von Feldblöcken aufweisen (‚keine Daten‘), da sie Ackerflächen auf Basis einer ATKIS-Auswertung darstellen. Diese Flächen werden nach der Mittelwertbildung weitge-

hend auf alle Gefährdungsklassen verteilt. Die absolut höchsten Abweichungen ergeben sich dabei in der Klasse ‚sehr hoch‘ (mit 284.000 ha Differenz); die höchsten relativen Abweichung fallen in der Klasse ‚hoch‘ auf (mit 99 Prozentpunkten). Für die Auswertung der Treffgenauigkeit von AUM auf sensiblen Flächen ergibt sich somit höhere Trefferwahrscheinlichkeit.

Abbildung 5: Gegenüberstellung des flächengewichteten Mittels auf den Feldblöcken und der realen Verteilung der Gefährdungsklassen (Winderosion)



FB = flächengewichtetes Mittel auf Feldblockebene.

NLfB = Auswertung des NLfB auf Grundlage von Bodenkarten.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von NLfB (2002) und InVeKoS-GIS.

Die Betrachtung der erosionsgefährdeten Flächenanteile an den Feldblöcken zeigt starke Unterschiede zur Wassererosion. Deutlich höhere Feldblockanteile sind stärker winderosionsgefährdet: 55 % der Feldblockfläche oder rd. 1,48 Mio. Hektar fallen in die Gefährdungsstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘, nur 24,6 % in die Klassen ‚keine‘ bis ‚sehr gering‘. Allein die ‚sehr hoch‘ eingestuften Flächen umfassen mit rd. 1,045 Mio. ha knapp 40 % der LF in Niedersachsen.

Unter Berücksichtigung der Schutzwirkung angebauter Fruchtarten (Zwischenfruchtanbau und Mulchsaatverfahren sind nicht berücksichtigt) stuft Thiermann rd. 886.000 ha des Ackerlandes als stark winderosionsgefährdet ein (Thiermann, 2001). Dies entspricht etwa 46 % der gesamten Ackerfläche des Landes. Laut Thiermann werden zudem ca. 316.000 ha mit erosionsfördernden Fruchtarten bestellt, allein rd. 200.000 ha mit Mais.

Tabelle 17: Winderosionsgefährdung auf den Feldblöcken Niedersachsens

Erosionsgefährdung	Fläche auf den Feldblöcken [ha]	Anteil an der LF¹⁾ [%]	Anteil an der Landesfläche [%]
keine Daten	400.734	14,9	8,4
keine	77.172	2,9	1,6
sehr gering	582.103	21,7	12,2
gering	147.699	5,5	3,1
mittel	309.124	11,5	6,5
hoch	122.373	4,6	2,6
sehr hoch	1.045.738	38,9	22,0
Summe	2.684.942	100,0	56,4
'mittel' bis 'sehr hoch' gefährdete Flächen	1.477.234	55,0	31,0

1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Auswertung auf Grundlage von NLFb (2002) und InVeKoS-GIS.

Eine differenzierte Betrachtung der Nutzungstypen in den sensiblen Gebieten (,mittel' bis ,sehr hoch' gefährdete Flächen) zeigt auch hier – wie bei der Wassererosion – eine Dominanz der Ackernutzung, wenn auch in wesentlich größerem Flächenumfang. Nach Tabelle 18 stellt die Ackernutzung über 80 % der Nutzungstypen auf winderosionsgefährdeten Flächen; sie nehmen 43 % der niedersächsischen LF ein. Zehn Prozent der sensiblen Gebiete werden mit Grünland genutzt und sind so vor Winderosion geschützt, die anderen Landnutzungstypen spielen keine Rolle. Das Augenmerk muss also auch hier auf den ackerbaulich genutzten Flächen liegen.

Tabelle 18: Landnutzungstypen auf den Erosionsgefährdungsstufen ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘ (Winderosion)

Grünland		Ackerland		Dauerkulturen		Wald ¹⁾		Gesamt	
[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]
275.292	10,3	1.153.883	43,0	2.782	0,1	285	0,0	1.432.241	53,5

1) Es handelt sich ausschließlich um den im FNN als förderrelevant erfassten Wald, i. d. R. Erstaufforstung.
Die Fläche der Nutzungstypen wurde dem FNN entnommen, die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von NlFB (2002), FNN und InVeKoS.

3.1.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen

Der Ressourcenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen wird aus den Ergebnissen der Aktualisierung der Halbzeitbewertung übernommen (vgl. Kap. 2.2.2.2). Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ressourcenschutzbeiträge (Wirkungen) der Maßnahmen zum Erosionsschutz.

Eine Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung muss die Zielsetzungen der Maßnahmen berücksichtigen. Die Problematik nicht vorhandener oder unscharfer Zielformulierungen wurde ausführlich im Kapitel 2.2 thematisiert. In der Tabelle sind die Maßnahmen mit Bodenschutzzielen mit einem Punkt markiert. Von den 21 Maßnahmen und Teilmaßnahmen haben fünf ein Bodenschutz-/Erosionsschutzziel und elf eine positive Erosionsschutzwirkung. Die Maßnahmen ohne Erosionsschutzwirkung werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Sie umfassen neun der 21 (Teil-)Maßnahmen.

Die Grünlandmaßnahmen, wie z. B. Grünlandextensivierung und Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes tragen durch eine Beibehaltung der Nutzungsart zu einer dauerhaften Bodenbedeckung und somit zur Sicherung erosionsgefährdeter Flächen bei⁹. Es handelt sich hierbei folglich um Erhaltungsmaßnahmen, während ackerbauliche Ansätze, wie z. B. die MDM-Verfahren und der Zwischenfruchtanbau, vorrangig als Vorsorgemaßnahmen zur Reduzierung von Bodenerosion zu klassifizieren sind.

⁹ Darunter sind allerdings auch Maßnahmen, die keinen zusätzlichen Erosionsschutz bewirken, z. B. auf Dauergrünland in Schutzgebieten mit Umbruchsverbot.

Tabelle 19: Bodenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen

Maßnahme	Code	Maßnahmen, die zum Schutz vor Bodenerosion beitragen		
		Ziel	Wirkung Wassererosion	Wirkung Winderosion
Tiergenetik	f1	—	0	0
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	●	+	++
MDM-Verfahren	f2-A2	●	++	++
Gülleausbringung	f2-A3	—	0	0
Blühflächen	f2-A4	—	0	0
Blühstreifen	f2-A5	—	0	0
Schonstreifen	f2-A6	—	0	0
Zwischenfruchtanbau ¹	f2-A7	●	+	+
Grünlandextensivierung	f2-B	●	+	+
Ökolandbau	f2-C	●	+	+
Langj. Stilllegung	f2-D	—	++	++
Koop Biotoppflege	f3-a	—	0	0
Koop Feuchtgrünland	f3-b	—	+	0
Koop Dauergrünland	f3-c	—	0	0
Koop Gastvögel	f3-d	—	0	0
Koop Ackerrandstreifen	f3-e	—	0	0
GW Grünlandextensivierung	f4-a	—	+	+
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	—	++	++
GW Stilllegung	f4-c	—	++	++
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	—	+A	+A
GW Ökolandbau	f4-e	—	+A	+A

1) Der Zwischenfruchtanbau hat nur ein Winderosionsschutzziel und wird nur im Flachland angeboten.

Ziele:

- Ziele für das Schutzgut angegeben
- keine Ziele für das Schutzgut angegeben

Wirkungen:

- 0 keine oder neutrale Wirkung
- + positive Wirkung
- ++ sehr positive Wirkung
- A auf Ackerland

Quelle: Eigene Darstellung.

3.1.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen

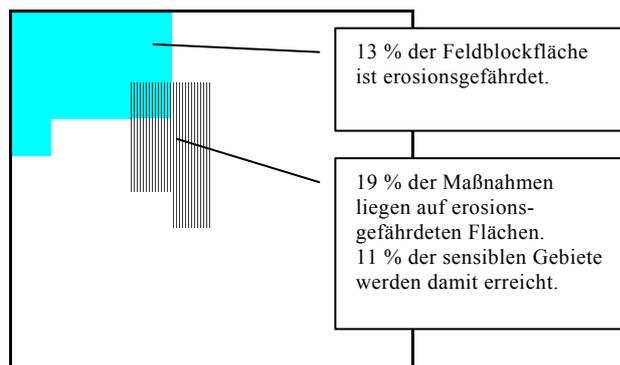
Die Wirksamkeit oder Effektivität der Maßnahmen ergibt sich einerseits aus ihrem Wirkungsbeitrag, andererseits aus ihrer Treffgenauigkeit. Beide Aspekte werden daher hier in einem Kapitel gemeinsam betrachtet (Tabelle 20 und Abbildung 6).

Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen auf wassererosionsgefährdeten Flächen

Die Abbildung vermittelt einen Schnellüberblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Schutzwirkung gegen Wassererosion. Nur 13 % der LF Niedersachsens sind als wassererosionsgefährdete sensible Gebiete einzuschätzen (Gefährdungsstufen ‚mittel‘,

‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘). Von den gut 206.000 ha Maßnahmenfläche mit Erosionsschutzwirkung liegen 19 % innerhalb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau zu bewerten¹⁰. Sie decken damit 11 % der erosionsgefährdeten Feldblockfläche ab.

Abbildung 6: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf wassererosionsgefährdeten Flächen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Tabelle 20 ermöglicht eine differenziertere Darstellung unter Berücksichtigung der Wirkung. Dargestellt sind einerseits die absolute Maßnahmenfläche in Hektar, die innerhalb sensibler Gebiete gefördert wird, andererseits der Anteil der Maßnahmenfläche, der innerhalb erosionsgefährdeter Gebiete liegt in Prozent. Maßnahmen, für die ein Bodenschutzziel vorgegeben ist, sind durch einen Punkt markiert.

Der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) hat eine Förderkulisse¹¹, die sich auf Teile des niedersächsischen Tieflands beschränkt, wo Winderosionsgefährdung vorherrscht. Bei einer landesweiten Betrachtung, wird die Treffgenauigkeit der Maßnahmen daher unterschätzt.

Die tabellarische Übersicht bestätigt das sehr geringe Treffgenauigkeitsniveau der Maßnahmen. Nur 38.525 ha Maßnahmenfläche sind als treffgenau einzustufen. Auch vor dem Hintergrund von 13 % erosionsgefährdeter LF, ist die Treffgenauigkeit als gering einzustufen, da sie mit 19 % nur wenig oberhalb der statistisch zu erwartenden Größe liegt.

Zwischen den Maßnahmen gibt es enorme Unterschiede hinsichtlich ihrer Treffgenauigkeit zu beobachten. So weichen auch die Gruppen mit sehr positiver [++] und einfach positiver [+] Wirkung mit 31 % bzw. 12 % Treffgenauigkeit deutlich von einander ab. Auch

¹⁰ Die Treffgenauigkeit liegt somit über der statistisch zu erwartenden Größenordnung von 13 %.

¹¹ Förderfähig sind nur Antragsteller, die ihren Betriebssitz in den Landkreisen Lüchow-Dannenberg, Soltau-Fallingb., Rotenburg (Wümme), Nienburg, Gifhorn oder im Gebiet der Stadt Wolfsburg haben.

innerhalb der Gruppe der Maßnahmen mit Bodenschutzzielen gibt es eine breite Streuung von annähernd vollständiger Treffgenauigkeit (f2-A1 mit 97 %) bis hin zu fast keinen Trefferflächen (f2-A7 mit 1 %, allerdings bei der obigen Einschränkung aufgrund der Lage der Förderkulisse). Auffällig ist das schlechte Abschneiden der Grünlandextensivierung (f2-B), deren Treffgenauigkeit mit 13 % lediglich im Rahmen der statistisch zu erwartenden Wahrscheinlichkeit liegt.

Tabelle 20: Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Wassererosionsschutz

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffer- fläche ¹⁾ [ha]	Nicht- Trefferfläche ²⁾ [ha]	Treff- genauigkeit ³⁾ [%]
mit ++ Wirkung						
Langj. Stilllegung	f2-D		++	41	50	45
MDM-Verfahren	f2-A2	•	++	20.799	45.040	32
GW Stilllegung	f4-c		++	1.088	3.345	25
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		++	162	948	15
Summe/Durchschnitt				22.090	49.383	31
mit + Wirkung						
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	+	22	1	97
GW Grünlandextensivierung	f4-a		+	526	1.138	32
GW Ökolandbau	f4-e		+A	599	1.586	27
Ökolandbau Acker	f2-C	•	+	5.005	21.573	19
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	7.008	46.811	13
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	3.181	24.945	11
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	+	93	15.590	1
Koop Feuchtgrünland	f3-b		+	0	6.643	0
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		+A	0	47	0
Summe/Durchschnitt				16.435	118.334	12
Summe/Durchschnitt gesamt				38.525	167.717	19

1) Maßnahmen auf Erosionsstufen mittel, hoch, sehr hoch.

2) Maßnahmen außerhalb erosionsgefährdeter Flächen.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Positiv hervorzuheben ist die Treffgenauigkeit der Langjährigen Stilllegung, deren Förderflächen immerhin fast zur Hälfte auf erosionsgefährdeten Flächen liegen. Allerdings ist ihre Flächenrelevanz mit 41 ha sehr gering. Im Erosionsschutz kann sie daher nur eine Nischenfunktion einnehmen.

Unter den flächenstarken Maßnahmen fallen nur die MDM-Verfahren mit überdurchschnittlich guter Treffgenauigkeit auf (32 %). Sie bestimmen auch maßgeblich das Ergebnis der ackerbaulichen Maßnahmen, die zusammen eine Treffgenauigkeit von 24 % auf-

weisen (ohne den Zwischenfruchtanbau sogar von 28 %). Diese Werte sind umso erstaunlicher, als

- die Teilnahme an den MDM-Verfahren nur ein Jahr (2003) geöffnet war und
- Betriebe, die über eine investive Förderung Mulchsaatgeräte angeschafft haben von der Förderung ausgeschlossen sind.

Nach Gefährdungsstufen differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit

Die Betrachtung der Treffgenauigkeit kann weiter nach den unterschiedlichen Erosionsgefährdungsstufen, die durch Maßnahmen erreicht werden, differenziert werden. Um die nachfolgende Tabelle interpretieren zu können, muss man sich noch einmal die Flächenanteile der Erosionsgefährdungsstufen auf den Feldblöcken in Erinnerung rufen (letzte Zeile der Tabelle): Die erosionsgefährdeten Flächen machen zusammen nur einen Anteil von 12,5 % der Feldblockfläche aus. Davon liegen die Anteile der Gefährdungsstufe ‚mittel‘ bei 2,5 %, der Stufe ‚hoch‘ bei 4,2 % und der Stufe ‚sehr hoch‘ bei 4,8 %.

Tabelle 21: Differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit im Erosionsschutz (Wasserosion)

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung	Treffgenauigkeit auf den Erosionsgefährdungsstufen [%]				
				[+, ++]	mittel	hoch	sehr hoch	Gesamt
PSM-Verzicht Obst	f2-A1		+		0,0	97,3	0,0	97,3
Langj. Stilllegung	f2-D		++		13,0	12,4	20,0	45,3
GW Grünlandextensivierung	f4-a		+		2,5	2,8	26,3	31,6
MDM-Verfahren	f2-A2	•	++		5,8	12,3	13,5	31,6
GW Ökolandbau	f4-e		+ A		6,2	7,7	13,5	27,4
GW Stilllegung	f4-c		++		3,0	7,7	13,9	24,5
Ökolandbau Acker	f2-C	•	+		3,7	5,4	9,7	18,8
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		++		2,8	4,7	7,2	14,6
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+		1,3	2,6	9,2	13,0
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+		1,6	2,0	7,7	11,3
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	+		0,4	0,2	0,0	0,6
Koop Feuchtgrünland	f3-b		+		0,0	0,0	0,0	0,0
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		+ A		0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt					3,1	5,9	9,7	18,7
Zum Vergleich:								
Anteile der Gefährdungsstufen an der Fläche der Feldblöcke					2,5	4,2	5,8	12,5

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Entsprechend der Gesamttreffgenauigkeit von knapp 19 % liegt die Treffgenauigkeit auf den einzelnen Gefährdungsstufen ebenfalls leicht über ihrem jeweiligen Flächenanteil an der Feldblockfläche, was bei den ‚sehr hoch‘ gefährdeten Flächen sogar etwas deutlicher ausfällt. Die Gesamt-Treffgenauigkeit speist sich daher zu einem hohen Anteil aus der Treffgenauigkeit der ‚sehr hoch‘ erosionsgefährdeten Flächen.

‚Sehr hoch‘ erosionsgefährdete Flächen werden besonders gut durch die Grünlandextensivierung des Grundwasserschutzes (f4-a) und die Langjährige Stilllegung (f2-D) erreicht, beides keine flächenstarken Maßnahmen. Im Weiteren sind die Maßnahmen f4-c, f4-e und f2-A2 zu nennen, die noch überdurchschnittlich hohe Treffgenauigkeiten auf den ‚sehr hoch‘ gefährdeten Flächen aufweisen. Damit wird auf diesen Flächen ein Mix aus ‚Erhaltungs-‘ und ‚Vorsorgezielen‘ verwirklicht, wobei die Vorsorgeziele im Bereich des Ackerbaus (f2-A2) die flächenmäßig wichtigste Rolle spielen.

‚Hoch‘ erosionsgefährdete Flächen werden mit Abstand am besten die die Maßnahme Verzicht auf Herbizide im Obstbau (f2-A1) erreicht; gefolgt von der Langjährigen Stilllegung und den MDM-Verfahren. Eine gewisse Rolle spielen auch hier die Grundwasserschutzmaßnahmen (f4).

Der Ökolandbau als betriebliche Maßnahme, die sowohl auf Acker-, als auch auf Grünlandflächen durchgeführt wird, nimmt in allen Gefährdungsklassen eine Mittelstellung ein, jedoch mit einem deutlichen Schwerpunkt auf den ‚sehr hoch‘ gefährdeten Flächen.

Die Maßnahmen, die auf wassererosionsgefährdeten **Ackerflächen**¹² durchgeführt werden, umfassen mit 27.746 ha fast drei Viertel der Trefferflächen; die Treffgenauigkeit liegt mit 24 % über dem Durchschnitt aller Maßnahmen. Der Schutzbeitrag verteilt sich auf vier Maßnahmen mit positiver [+] und drei mit sehr positiver [++] Wirkung. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen auf sensiblen Ackerflächen liegt mit 72 % noch unter dem Ackerflächenanteil von 83 % in den sensiblen Gebieten und damit unter dem zu erwartenden statistischen Anteil.

Darüber hinaus ist auch potenziell kein ausreichender Maßnahmenumfang für sensible Ackerbaugebiete vorhanden: Nach den Förderdaten von 2005 stehen maximal 115.876 ha Fördermaßnahmen auf Ackerflächen zur Verfügung. Demgegenüber stehen jedoch 270.446 ha erosionssensible Ackerflächen. Somit könnten bei einem treffgenauen Einsatz der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung max. 42 % der sensiblen Flächen erreicht werden. Selbst dafür wäre eine bessere räumliche Steuerung der Maßnahmen erforderlich.

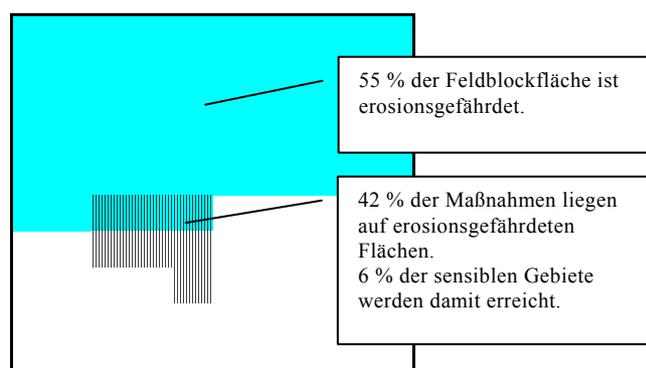
¹² Es werden nur eindeutig zurechenbare Maßnahmen angerechnet: f2-A2, f2-A7, f2-C (auf Acker), f4-b, f4-c, f4-d, f4-e.

Es lässt sich als Resümee festhalten, dass acht Maßnahmen Treffgenauigkeiten aufweisen, die über die über der statistisch zu erwartenden Größenordnung liegen. Das Treffgenauigkeitsniveau muss – abgesehen von wenigen flächenschwachen Maßnahmen – als gering eingestuft werden. Auch einige Maßnahmen mit Bodenschutzzielen lassen eine gute Treffgenauigkeit vermissen.

Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen auf winderosionsgefährdeten Flächen

Die Abbildung vermittelt einen Schnellüberblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Schutzwirkung gegen Winderosion. Über die Hälfte der LF Niedersachsens sind als winderosionsgefährdete sensible Gebiete einzuschätzen (Gefährdungsstufen ‚mittel‘, ‚hoch‘ und ‚sehr hoch‘). Von den knapp 200.000 ha Maßnahmenfläche mit Erosionsschutzwirkung liegen 42 % innerhalb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau zu bewerten¹³. Sie decken damit 6 % der erosionsgefährdeten Feldblockfläche ab.

Abbildung 7: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf winderosionsgefährdeten Flächen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Tabelle 22 ermöglicht eine differenziertere Darstellung unter Berücksichtigung der Wirkung. Dargestellt sind einerseits die absolute Maßnahmenfläche in Hektar, die innerhalb sensibler Gebiete gefördert wird, andererseits der Anteil der Maßnahmenfläche, der innerhalb erosionsgefährdeter Gebiete liegt in Prozent. Maßnahmen, für die ein Bodenschutzziel vorgegeben ist, sind durch einen Punkt markiert.

¹³ Die Treffgenauigkeit liegt somit deutlich unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung von 55 %.

Auf die spezifische Förderkulisse der Maßnahme f2-A7 Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten wurde bereits hingewiesen. Die Kulisse deckt nur zum Teil die winderosionsgefährdeten Gebiete Niedersachsens ab.

Im Vergleich zu den zuvor betrachteten Ergebnissen auf wassererosionsgefährdeten Flächen, ist auf den winderosionsgefährdeten Flächen mit durchschnittlich 42 % vordergründig eine deutlich bessere Treffgenauigkeit zu erkennen. Vor dem Hintergrund von 55 % winderosionsgefährdeter Feldblockfläche, kann bei vielen Maßnahmen jedoch nicht von einer guten Treffgenauigkeit gesprochen werden.

Die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung haben mit 39 % eine unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit. Positiv fallen die Maßnahmen Umwandlung von Acker- in Grünland im Grundwasserschutz (f4-b mit 74 %) und Stilllegung im Grundwasserschutz (f4-c mit 68 %) auf. Die anderen Maßnahmen haben unterdurchschnittliche Werte und liegen auch unter der statistisch zu erwartenden Größe (f2-A2, f2-D, f2-A1).

Tabelle 22: Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Winderosionsschutz

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung	Trefferfläche ¹⁾	Nicht-Trefferfläche ²⁾	Treffgenauigkeit ³⁾
			[+, ++]	[ha]	[ha]	[%]
mit ++ Wirkung						
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		++	827	283	74
GW Stilllegung	f4-c		++	3.015	1.418	68
MDM-Verfahren	f2-A2	•	++	23.824	42.014	36
Langj. Stilllegung m. H.	f2-D		++	13	79	14
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	++	0	23	0
Summe/Durchschnitt				27.679	43.818	39
mit + Wirkung						
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		+A	47	0	100
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	+	13.844	1.840	88
Ökolandbau Acker	f2-C	•	+	14.970	11.608	56
GW Ökolandbau	f4-e		+A	1.214	971	56
GW Grünlandextensivierung	f4-a		+	734	929	44
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	9.750	18.376	35
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	15.642	38.177	29
Summe/Durchschnitt				56.201	71.901	44
Summe/Durchschnitt gesamt				83.880	115.719	42

1) Maßnahmen auf Erosionsstufen mittel, hoch, sehr hoch.

2) Maßnahmen außerhalb erosionsgefährdeter Flächen.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Unter den Maßnahmen mit positiver [+] Wirkung fällt insbesondere der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) als flächenstarke Maßnahme mit einer sehr guten Treffgenauigkeit von 88 % auf. Alle anderen Maßnahmen liegen im oder unter der statistisch zu erwartenden Größe von 55 % (inklusive des flächenstarken Ökolandbaus auf Ackerflächen und insbesondere der Grünlandextensivierung).

Zur Einordnung der Treffgenauigkeit der MDM-Verfahren (f2-A2) sei auf die Diskussion bei den wassererosionsgefährdeten Flächen verwiesen. Die dort erwähnten Faktoren werden auch hier wirksam.

Nach Gefährdungsstufen differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit

Die Betrachtung der Treffgenauigkeit kann weiter nach den unterschiedlichen Winderosionsgefährdungsstufen, die durch Maßnahmen erreicht werden, differenziert werden. Um die nachfolgende Tabelle interpretieren zu können, muss man sich noch einmal die Flächenanteile der Erosionsgefährdungsstufen auf den Feldblöcken in Erinnerung rufen (letzte Zeile der Tabelle): Die winderosionsgefährdeten Flächen machen zusammen einen Anteil von 55 % der Feldblockfläche aus. Davon liegen die Anteile der Gefährdungsstufe ‚mittel‘ bei 11,5 %, der Stufe ‚hoch‘ bei nur 4,6 % und der Stufe ‚sehr hoch‘ bei 38,9 %.

Die Gesamttreffgenauigkeit von 42 % verteilt sich – gemessen an den Anteilen der Gefährdungsstufen an der Feldblockfläche – äußerst ungleichmäßig auf die drei Gefährdungsstufen. Während sich Schwerpunkte in den beiden unteren Klassen abzeichnen, sind die Trefferflächen in der ‚sehr hohen‘ Gefährdungsstufe unterrepräsentiert. ‚Sehr hoch‘ winderosionsgefährdete Flächen werden folglich schlechter durch die Maßnahmen erreicht, als ‚hoch‘ und ‚mittel‘ gefährdete Feldblöcke. Dennoch speist sich die Gesamttreffgenauigkeit insgesamt überwiegend aus den Trefferflächen auf den ‚sehr hoch‘ gefährdeten Flächen.

Tabelle 23 Differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit im Erosionsschutz (Winderosion)

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffgenauigkeit auf den Erosionsgefährdungstufen [%]			
				mittel	hoch	sehr hoch	Gesamt
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		+A	0,0	0,0	100,0	100,0
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	+	30,2	11,7	46,3	88,3
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		++	8,3	5,7	60,5	74,5
GW Stilllegung	f4-c		++	10,0	6,2	51,8	68,0
Ökolandbau Acker	f2-C	•	+	17,8	6,2	32,3	56,3
GW Ökolandbau	f4-e		+A	10,8	4,8	39,9	55,6
GW Grünlandextensivierung	f4-a		+	4,5	3,0	36,7	44,1
MDM-Verfahren	f2-A2	•	++	11,9	5,3	18,9	36,2
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	6,9	2,5	25,2	34,7
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	5,5	1,7	21,9	29,1
Langj. Stilllegung	f2-D		++	1,8	3,5	8,5	13,8
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	++	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt				11,6	4,6	25,9	42,0
Zum Vergleich:							
Anteile der Gefährdungstufen an der Fläche der Feldblöcke				11,5	4,6	38,9	55,0

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

„Sehr hoch“ erosionsgefährdete Flächen werden besonders gut durch einige Grundwasser-schutzmaßnahmen (f4) und den Zwischenfruchtanbau (f2-A7) erreicht. Damit wird auf diesen Flächen eine Mischung aus Erhaltungs- und Vorsorgezielen verwirklicht, wobei die ackerbaulichen Vorsorgeziele mit dem Zwischenfruchtanbau flächenmäßig dominieren.

Auch auf den „hoch“ und „mittel“ erosionsgefährdeten Flächen fällt der Zwischenfruchtanbau als treffgenaueste Maßnahme auf. Die anderen Maßnahmen liegen nahe dem Durchschnitt oder darunter. Lediglich der Ökolandbau (insbesondere auf Ackerflächen) erreicht auf den „mittel“ gefährdeten Flächen auch überdurchschnittliche Werte.

Die Maßnahmen, die auf winderosionsgefährdeten **Ackerflächen**¹⁴ durchgeführt werden, umfassen mit 57.742 ha gut zwei Drittel der Trefferflächen; die Treffgenauigkeit liegt mit 50 % über dem Durchschnitt aller Maßnahmen. Der Schutzbeitrag verteilt sich auf vier Maßnahmen mit positiver [+] und drei mit sehr positiver [++] Wirkung. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen auf sensiblen Ackerflächen liegt mit 68,8 % deutlich unter dem A-

¹⁴ Es werden nur eindeutig zurechenbare Maßnahmen angerechnet: f2-A2, f2-A7, f2-C (auf Acker), f4-b, f4-d, f4-e.

ckerflächenanteil von 80,6 % in den sensiblen Gebieten und damit unter dem zu erwartenden statistischen Anteil.

Auch potenziell besteht bei Weitem kein ausreichender Maßnahmenumfang für sensible Ackerbaugebiete: Nach den Förderdaten von 2005 stehen maximal 115.876 ha Fördermaßnahmen auf Ackerflächen zur Verfügung. Demgegenüber stehen jedoch 1,154 Mio. Hektar winderosionssensible Ackerflächen. Selbst bei einer 100-prozentigen Treffgenauigkeit könnten damit nur 10 % der sensiblen Gebiete erreicht werden. Unter Hinzurechnung der wassererosionsgefährdeten Flächen sieht diese Bilanz noch schlechter aus (vgl. unten). Umso mehr ist eine gezielte Lenkung der vorhandenen Maßnahmen in die sensiblen Gebiete erforderlich.

Es lässt sich als **Resümee** festhalten, dass lediglich einige Grundwasserschutzmaßnahmen (allerdings ohne Bodenschutzziele) sowie der Zwischenfruchtanbau Treffgenauigkeiten aufweisen, die deutlich über der statistisch zu erwartenden Größenordnung liegen und damit als gut einzuschätzen sind. Alle anderen Maßnahmen liegen im Rahmen dieser Größenordnung oder sogar darunter. Die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Winderosionsschutzwirkung ist daher insgesamt als gering einzuschätzen.

Gemeinsame Betrachtung der Treffgenauigkeit auf wasser- und winderosionsgefährdeten Flächen

Naturräumlich bedingt überlagern sich wasser- und winderosionsgefährdete Flächen (Gefährdungsstufen jeweils ‚mittel‘ bis ‚sehr hoch‘) nur in wenigen Teilen. Insgesamt sind 1,8 Mio. ha der LF Niedersachsens wasser- oder winderosionsgefährdet, das entspricht rd. zwei Drittel (66,9 %) der LF.

Die Auswertungen in Tabelle 24 zeigen eine Gesamttreffgenauigkeit von 58 %; sie liegt damit deutlich unter dem Flächenanteil erosionsgefährdeter LF. Die Treffgenauigkeiten auf wasser- und winderosionsgefährdeten Flächen addieren sich mehr oder weniger zu einer Gesamttreffgenauigkeit der gemeinsamen Auswertung. Bei einigen Maßnahmen verdeutlicht die Gegenüberstellung die Spezifität ihrer Wirksamkeit: So wird die Grundwasserschutzmaßnahme f4-d ausschließlich auf winderosionsgefährdeten Flächen wirksam, während z. B. der PSM-Verzicht im Obstbau ausschließlich auf wassererosionsgefährdeten Flächen zum Tragen kommt. Der Zwischenfruchtanbau wird aufgrund seiner Kulisse im Flachland fast nur auf winderosionsgefährdeten Flächen wirksam.

In der Gesamtschau erzielen die Grundwasserschutzmaßnahmen (f4), neben dem PSM-Verzicht im Obstbau (f2-A1) und dem Zwischenfruchtanbau (f2-A7) die besten Treffgenauigkeiten. Für die MDM-Verfahren (f2-A2) gilt diese Aussage nur noch eingeschränkt. Die schlechtesten Werte unter den Maßnahmen mit Bodenschutzzielen haben die Grün-

landextensivierung (f2-B) und der Ökolandbau (f2-C; Acker und Grünland zusammen: 59 %) und damit zwei sehr flächenstarke Maßnahmen.

Tabelle 24: Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Erosionsschutz (gesamt)

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffgenauigkeit		
				Erosion gesamt [%]	Wassererosion [%]	Winderosion [%]
mit ++ Wirkung						
GW Stilllegung	f4-c		++	90	25	68
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		++	88	15	74
MDM-Verfahren	f2-A2	•	++	67	32	36
Langj. Stilllegung	f2-D		++	59	45	14
Durchschnitt				69	31	39¹⁾
mit + Wirkung						
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		+A	100	0	100
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	+ / ++	97	97	0
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	+	88	1	88
GW Ökolandbau	f4-e		+A	82	27	56
GW Grünlandextensivierung	f4-a		+	74	32	44
Ökolandbau Acker	f2-C	•	+	73	19	56
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	45	11	35
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	42	13	29
Koop Feuchtgrünland	f3-b		+	0	0	--
Durchschnitt				53	12	44²⁾
Durchschnitt gesamt				58	19	42

1) Inkl. PSM-Verzicht Obst (f2-A1), da Winderosionswirkung mit ++ bewertet.

2) Exkl. PSM-Verzicht Obst (f2-A1), da Winderosionswirkung mit ++ bewertet.

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Flächenanteile der Maßnahmen in sensiblen Gebieten

Die Aussagen zur Treffgenauigkeit werden durch die Berechnung der Flächenanteile¹⁵ der Maßnahmen in den erosionsgefährdeten Gebieten um einen weiteren Aspekt ergänzt. Aus der Darstellung der Flächenanteile in den erosionsgefährdeten Gebieten lässt sich der Beitrag einzelner Maßnahmen aus dem Gesamtmix der wirksamen Maßnahmen ablesen.

¹⁵ Flächenanteile der Maßnahmen werden folgendermaßen berechnet: [Fläche der Einzelmaßnahme im sensiblen Gebiet] / [Fläche aller Maßnahmen im sensiblen Gebiet] * [100].

Tabelle 25: Flächenanteile der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung in erosionsgefährdeten Gebieten

Maßnahmen mit Wirkung gegen Wassererosion			Maßnahmen mit Wirkung gegen Winderosion		
Code	Ziel	Flächenanteile im wassererosionsgefährdeten Gebiet [%]	Code	Ziel	Flächenanteile im winderosionsgefährdeten Gebiet [%]
f2-A2	•	53,99	f2-A2	•	28,40
f2-B	•	18,19	f2-B	•	18,65
f2-C (A)	•	12,99	f2-C (A)	•	17,85
f2-C (G)	•	8,26	f2-A7	•	16,50
f4-c		2,82	f2-C (G)	•	11,62
f4-e (A)		1,56	f4-c		3,59
f4-a		1,36	f4-e (A)		1,45
f4-b		0,42	f4-b		0,99
f2-A7		0,24	f4-a		0,88
f2-D		0,11	f4-d (A)		0,06
f2-A1	•	0,06	f2-D		0,01
f3-b		0,00	f2-A1	•	0,00
f4-d (A)		0,00			
Durchschnitt		7,69	Durchschnitt		8,33

(A) nur auf Ackerflächen.

(G) nur auf Grünlandflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Überdurchschnittliche Flächenanteile haben demnach bei beiden Untersuchungsaspekten die MDM-Verfahren (f2-A2), die Grünlandextensivierung (f2-B) und der Ökolandbau (f2-C), wobei jedoch die Dominanz der MDM-Verfahren in den wassererosionsgefährdeten Gebieten wesentlich deutlicher ausfällt, während sich die Flächenanteile der Maßnahmen in den winderosionsgefährdeten Gebieten etwas gleichmäßiger verteilen. In letzteren kommen die Zwischenfrüchte und Untersaaten (f2-A7) als weitere Maßnahme mit überdurchschnittlichen Flächenanteilen hinzu.

Mit Ausnahme der Maßnahme PSM-Verzicht im Obstbau (f2-A1) zählen alle Maßnahmen mit Bodenschutzzielen (auch hier kann nicht immer explizit von Erosionsschutzzielen gesprochen werden) zu Maßnahmen mit überdurchschnittlich hohen Flächenanteilen in den sensiblen Gebieten.

3.1.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen

Das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis lässt sich über die Wirksamkeit (Kapitel 3.1.3) und die Input-Outputrelation einer Maßnahme beschreiben.

Input-Outputrelation der Maßnahmen

Wie bereits im Kapitel 2.2 dargelegt wird bei der Input-Outputrelation die Multifunktionalität der Maßnahmen als Korrekturfaktor berücksichtigt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Multifunktionalität der Maßnahmen und die Beihilfesätze ohne und mit Berücksichtigung des Korrekturfaktors.

Der Vergleich von ‚durchschnittlichem Beihilfesatz‘ und ‚Beihilfesatz unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors‘ zeigt einerseits veränderte Input-Outputrelationen in EUR/ha, die sich durch die Höhe des Beihilfesatzes und die Größe des Korrekturfaktors ergeben. Je mehr unterschiedliche Schutzgutwirkungen eine Maßnahme hat, desto günstiger wird ihr Input-Outputverhältnis.

Tabelle 26: Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung bei Schutzgut ...				Beihilfesatz	
			Wasser	Luft	Biodiversität	Landschaft	Durchschnitt [EUR/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [EUR/ha]
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		x	x	x	x	133	33
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	x		x		70	35
Ökolandbau	f2-C	•	x	x	x	x	158	40
GW Ökolandbau	f4-e		x		x	x	133	44
Grünlandextensivierung	f2-B	•	x			x	103	52
GW Stilllegung	f4-c		x		x	x	159	53
MDM-Verfahren	f2-A2	•	x				72	72
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	x		x		145	73
GW Grünlandextensivierung	f4-a		x		x	x	247	82
Langj. Stilllegung	f2-D		x		x	x	257	86
Koop Feuchtgrünland ¹	f3-b		x		x	x	274	91
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		x		x	x	445	148
Anzahl/Durchschnitt			12	2	10	9	183	67

1) Maßnahme nur im Hinblick auf die Wassererosion relevant.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Andererseits wird deutlich, dass sich durch die Berücksichtigung des Korrekturfaktors das Ranking der Maßnahmen untereinander verschiebt. Ein Beispiel dafür ist der Ökolandbau, der bei Betrachtung des durchschnittlichen Beihilfesatzes auf dem sechsten Rang läge, bei Berücksichtigung des Korrekturfaktors jedoch auf den dritten Platz rutscht.

Sechs der 12 Maßnahmen liegen unter dem Mittelwert von 67 EUR/ha. Sie haben somit eine überdurchschnittlich gute Input-Outputrelation. Drei dieser Maßnahmen haben Bodenschutzziele.

Insgesamt betrachtet hat die Berücksichtigung der Multifunktionalität durchaus Einfluss auf das Ranking der Maßnahmen. Es ist daher auch ein Einfluss auf die Beschreibung der Kosten-Wirksamkeit zu erwarten.

Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Schutzwirkung gegen Wassererosion

Die Kosten-Wirksamkeitsrelation stellt das Verhältnis der durch die Maßnahmen erreichten erosionsgefährdeten Flächen und der dafür aufgewendeten Finanzmittel dar (vgl. Kapitel 2.2). In der Tabelle sind die Kosten-Wirksamkeitsrelation als dimensionsloser Quotient und das daraus resultierende Ranking der Maßnahmen dargestellt. Die Ergebnisse sind jedoch ausschließlich unter Hinzuziehung der Wirkungseinschätzung zu interpretieren (letzte Spalte der Tabelle).

Tabelle 27: Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Wassererosionsschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation ¹⁾	Ranking	Wirkung [+, ++]
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	3,96	1	+
MDM-Verfahren	f2-A2	•	1,73	2	++
GW Ökolandbau	f4-e		1,62	3	+A
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		1,39	4	++
GW Stilllegung	f4-c		1,22	5	++
GW Grünlandextensivierung	f4-a		1,01	6	+
Ökolandbau Acker	f2-C	•	0,93	7	+
Grünlandextensivierung	f2-B	•	0,75	8	+
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	0,63	9	+
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		0,26	10	++
Zwischenfruchtanbau	f2-A7		0,05	11	+
Koop Feuchtgrünland	f3-b		0,00	12	+
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		0,00	12	+A
Durchschnitt	alle Maßnahmen		1,04		
	++ Maßnahmen		1,15		
	+ Maßnahmen		0,99		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Berechnung.

Es wird deutlich, dass fünf Maßnahmen eine überdurchschnittlich gute Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen, darunter zwei mit Bodenschutzzielen und drei Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkungseinschätzung. Sie liegen mit Werten von 3,96 bis 1,22 überwiegend deutlich über dem Schnitt von 1,04.

Weitere drei Maßnahmen mit Bodenschutzzielen liegen knapp (Ökolandbau Acker mit 0,93) bzw. deutlich unter dem Durchschnitt (Grünlandextensivierung, Ökolandbau Grünland). Wird der Ökolandbau als eine Maßnahme (Acker- und Grünlandflächen gemeinsam) bewertet, so ergibt sich eine ‚Ökoeffizienz‘ von 0,78, die ebenfalls unterdurchschnittlich ausfällt.

Die vier Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++] haben mit Ausnahme der Grundwasserschutzmaßnahme Umwandlung von Acker- in Grünland (f4-b) überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelationen. Allerdings sind darunter nur die MDM-Verfahren als flächenstarke Maßnahme.

Die Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung haben zusammen betrachtet eine leicht unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation von 0,99. Ursache dafür ist u. a. das schlechtere Abschneiden der großen MSL-Maßnahmen wie Ökolandbau und Grünlandextensivierung sowie des Sonderfalls Zwischenfruchtanbau. Gar keine Trefferflächen und mithin die schlechteste ‚Ökoeffizienz‘ haben das Kooperationsprogramm Feuchtgrünland und Teil-Ökolandbau im Grundwasserschutz; sie haben allerdings auch keine Bodenschutzziele.

Die Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabelle 28) hilft dabei, die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse weiter einzuordnen. Es kann hier selbstverständlich nur ein relativer Vergleich erfolgen, der innerhalb der betrachteten Maßnahmengruppe erfolgt. Als Orientierungswert wird der Mittelwert der Ergebnisse herangezogen. Strenger gefasste Orientierungswerte wären denkbar, würden jedoch eine Aussageschärfe suggerieren, die durch die Datengrundlage und Vorgehensweise nicht abgesichert werden kann.

Es wird deutlich, dass die MDM-Verfahren (f1-A2) als einzige Maßnahme sowohl in ihrer Treffgenauigkeit, Flächenrelevanz, als auch aufgrund ihrer Kosten-Wirksamkeitsrelation im Vergleich sehr gut abschneiden. Darüber hinaus hat die Maßnahme eine sehr positive [++] Erosionsschutzwirkung. Als ackerbauliche Maßnahme wird sie auf besonders erosionsanfälligen Standorten wirksam und erfüllt – im Unterschied zu Grünlandmaßnahmen – Vorsorgeziele des Erosionsschutzes. Im bestehenden Maßnahmenpektrum kommt dieser Maßnahme die größte Bedeutung zur Förderung erosionsmindernder Nutzungen zu. Ihr Beitrag könnte durch den Einsatz von Förderkulissen optimiert werden (Erhöhung der Treffgenauigkeit).

Tabelle 28: Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte (Wassererosion)

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 18,7 %]	Flächenanteile [>= 7,69 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 67 EUR/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 1,04]
1	• f2-A2	• f2-A1	• f2-A2	f2-A7	• f2-A1
2	f2-D	f2-D	• f2-C	f4-d	• f2-A2
3	f4-b	f4-a	• f2-B	• f2-C	f4-e
4	f4-c	• f2-A2		f4-e	f2-D
5		f4-e		• f2-B	f4-c
6		f4-c			
7		• f2-C			

- Maßnahmen mit Bodenschutzziel.

Es wurden Maßnahmen aufgeführt, die bei den Einzelergebnissen über dem Durchschnitt aller Maßnahmen liegen.

Bei dem Kriterium Wirkung wurden nur Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung gelistet.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Als weitere Maßnahme mit Bodenschutzziel, jedoch nur einfach positiver [+] Wirkung, ist der PSM-Verzicht im Obstbau (f1-A1) zu nennen. Auch sie hat eine überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation aufzuweisen bei sehr hoher Treffgenauigkeit. Allerdings erreicht sie nur sehr geringe Flächenanteile und spielt daher im landesweiten Erosionsschutz nur eine spezifische Nischenrolle.

Weitere Maßnahmen mit überdurchschnittlicher Treffgenauigkeit und guter Kosten-Wirksamkeitsrelation sind die beiden Grundwasserschutzmaßnahmen f4-e und f4-c sowie die Flächenstilllegung (f2-D). Letzter und f4-c haben auch eine sehr positive [++] Wirkungseinschätzung, allerdings gilt für alle Maßnahmen, dass sie keine hohe Flächenrelevanz haben.

Unterdurchschnittliches Kosten-Wirksamkeitsverhältnis haben die Grünlandextensivierung (f2-B) und der Ökolandbau (f2-C). Sie erreichen als flächenstarke Maßnahmen zwar vergleichsweise hohe Flächenanteile in den sensiblen Gebieten, aber nur schlechte Treffgenauigkeiten bei einfach positiver [+] Wirkungseinschätzung. Sie sind aus Sicht des Erosionsschutzes daher nicht vorrangig zu bevorzugen.

Zusammenfassende Betrachtung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die 13 (Teil-)Maßnahmen mit Wassererosionsschutzwirkung mit 19 % insgesamt nur eine sehr geringe Treffgenauigkeit erreichen,
- die meisten Maßnahmen mit deutlich überdurchschnittlicher Treffgenauigkeit (f2-A1, f2-D, f4-a, f4-e, f4-c) auch zusammen betrachtet nur eine geringe Flächenrelevanz haben,
- die MDM-Verfahren (f2-A2) in der Gesamtbetrachtung am ehesten für einen großflächigen Erosionsschutz empfohlen werden können,
- die ackerbaulichen Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung hingegen eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit erreichen; es werden damit aber nur rd. 10 % der sensiblen Ackerflächen erreicht,
- der geförderte Flächenumfang ackerbaulicher Maßnahmen auch theoretisch nicht ausreicht, um alle sensiblen Gebiete zu erreichen,
- von den vier Maßnahmen mit besonders positiver [++] Wassererosionsschutzwirkung (MDM-Verfahren, Langjährige Stilllegung, Stilllegung und Umwandlung Acker-Grünland im Grundwasserschutz) nur die MDM-Verfahren und die Stilllegung im Grundwasserschutz eine vergleichsweise gute ‚Ökoeffizienz‘ haben,
- keine der Maßnahmen eine Förderkulisse im Hinblick auf Wassererosionsschutzziele hat und die schlechten Treffgenauigkeiten zumindest teilweise durch fehlende Steuerung erklärt werden können.

Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Schutzwirkung gegen Winderosion

Die Kosten-Wirksamkeitsrelation stellt das Verhältnis der durch die Maßnahmen erreichten erosionsgefährdeten Flächen und der dafür aufgewendeten Finanzmittel dar (vgl. Kapitel 2.2). In der Tabelle sind die Kosten-Wirksamkeitsrelation als dimensionsloser Quotient und das daraus resultierende Ranking der Maßnahmen dargestellt. Die Ergebnisse sind jedoch ausschließlich unter Hinzuziehung der Wirkungseinschätzung zu interpretieren (letzte Spalte der Tabelle).

Es wird deutlich, dass fünf Maßnahmen eine überdurchschnittlich gute Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen, darunter zwei mit Bodenschutzzielen und nur eine Maßnahme mit sehr positiver [++] Wirkungseinschätzung. Sie liegen mit Werten von 3,21 bis 1,20 überwiegend deutlich über dem Schnitt von 1,19. Die sechs (Teil-)Maßnahmen mit Bodenschutzzielen erreichen zusammen eine ‚durchschnittliche Ökoeffizienz‘ von 1,14, wobei dieses Ergebnis allerdings maßgeblich durch die Maßnahme Zwischenfruchtanbau mit 3,21 geprägt wird. Vier der sechs Maßnahmen mit Bodenschutzzielen haben eine unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation.

Die fünf Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++] haben zusammen betrachtet eine deutlich unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation von 0,61, was insbesondere auf das schlechte Abschneiden der Langjährigen Stilllegung und des PSM-Verzichts im Obstbau zurückzuführen ist. Überdurchschnittlich gut schneidet jedoch nur die Stilllegung im Grundwasserschutz ab (1,46), alle anderen Maßnahmen haben unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelationen.

Tabelle 29: Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Winderosionsschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation ¹⁾	Ranking	Wirkung [+, ++]
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	3,21	1	+
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		3,20	2	+A
GW Stilllegung	f4-c		1,46	3	++
GW Ökolandbau	f4-e		1,42	4	+A
Ökolandbau Acker	f2-C	•	1,20	5	+
MDM-Verfahren	f2-A2	•	0,85	6	++
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	0,83	7	+
Grünlandextensivierung	f2-B	•	0,72	8	+
GW Grünlandextensivierung	f4-a		0,61	9	+
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		0,57	10	++
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		0,18	11	++
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,00	12	++
Durchschnitt	alle Maßnahmen		1,19		
	++ Maßnahmen		0,61		
	+ Maßnahmen		1,60		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Berechnung.

Die Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung haben zusammen betrachtet hingegen eine deutlich überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation von 1,60. Ursache dafür sind u. a. die sehr guten Werte für den Zwischenfruchtanbau und den Teil-Ökolandbau im Grundwasserschutz. Der Ökolandbau insgesamt (Acker- und Grünlandnutzung zusammen) bleibt mit einer Kosten-Wirksamkeitsrelation von 1,02 leicht unterdurchschnittlich. Auffällig ist auch hier das schlechte Abschneiden der Grünlandextensivierung (f2-B), die auch als flächenstarke Maßnahme nur ein Kosten-Wirksamkeitsverhältnis von 0,72 erreicht.

Die Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabelle 30) hilft dabei, die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse weiter einzuordnen. Es kann hier selbstverständlich nur ein relativer Vergleich erfolgen, der innerhalb der betrachteten Maßnahmengruppe erfolgt. Als Orientierungswert wird der Mittelwert der Ergebnisse herangezogen. Strenger gefasste Orientierungswerte wären denkbar, würden je-

doch eine Aussageschärfe suggerieren, die durch die Datengrundlage und Vorgehensweise nicht abgesichert werden kann.

Die Übersicht zeigt, dass der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) und der Ökolandbau (f2-C) als einzige Maßnahmen sowohl in ihrer Treffgenauigkeit, Flächenrelevanz, als auch aufgrund ihrer Kosten-Wirksamkeitsrelation im Vergleich sehr gut abschneiden. Allerdings haben sie beide nur eine einfach positive [+] Wirkungseinschätzung. Als überwiegend ackerbauliche Maßnahmen (außer dem Ökolandbau auf Grünlandflächen) werden sie auf besonders erosionsgefährdeten Standorten wirksam und erfüllen – im Unterschied zu Grünlandmaßnahmen – Vorsorgeziele des Erosionsschutzes. Im bestehenden Maßnahmenpektrum kommt beiden Maßnahmen die größte Bedeutung zur Förderung erosionsmindernder Anbautechniken zu.

Tabelle 30: Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte (Winderosion)

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 42,0 %]	Flächenanteile [>= 8,33 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 67 EUR/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 1,19]
1	● f2-A1	f4-d	● f2-C	● f2-A7	● f2-A7
2	● f2-A2	● f2-A7	● f2-A2	f4-d	f4-d
3	f2-D	f4-b	● f2-B	● f2-C	f4-c
4	f4-b	f4-c	● f2-A7	f4-e	f4-e
5	f4-c	● f2-C		● f2-B	● f2-C
6		f4-e			
7		f4-a			

- Maßnahmen mit Bodenschutzziel.

Es wurden Maßnahmen aufgeführt, die bei den Einzelergebnissen über dem Durchschnitt aller Maßnahmen liegen.

Bei dem Kriterium Wirkung wurden nur Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung gelistet.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Aus Erosionsschutzsicht nicht nachvollziehbar ist jedoch der Zuschnitt der Förderkulisse für den Zwischenfruchtanbau (vgl. Kap. 3.1.3). Sie umfasst lediglich eine Auswahl der östlichen Landkreise Niedersachsens, während hohe Winderosionsgefährdungen fast im gesamten niedersächsischen Tiefland auftreten. Für eine effektive Förderung von Erosionsschutzmaßnahmen ist die Kulisse zu klein.

Weitere Maßnahmen mit überdurchschnittlicher Kosten-Wirksamkeitsrelation gehören zu den Grundwasserschutzmaßnahmen (f4), die kein explizites Bodenschutzziel aufweisen. Sie haben alle keine große Flächenrelevanz, allerdings auch eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit. Die Stilllegungsmaßnahme hat darüber hinaus eine sehr positive [++] Wirkungseinschätzung.

Auch die MDM-Verfahren (f2-A2) und die Grünlandextensivierung (f2-B) könnten flächenmäßig einen bedeutenden Beitrag zum Winderosionsschutz leisten, wenn ihre Treffgenauigkeit verbessert wird. Hierfür ist eine gezielte Lenkung der Maßnahmen erforderlich.

Zusammenfassende Betrachtung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die 12 Maßnahmen mit Winderosionsschutzwirkung mit 42 % insgesamt zwar eine deutlich höhere Treffgenauigkeit als die Maßnahmen mit Wassererosionsschutzwirkung erreichen, aber damit immer noch unter der statistisch zu erwartenden Größe liegen,
- unter den flächenstarken Maßnahmen mit Bodenschutzzielen nur der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) und der Ökolandbau (f2-C) überdurchschnittliche Treffgenauigkeiten aufweisen,
- die ackerbaulichen Maßnahmen mit Winderosionsschutzwirkung zwar eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit haben, aber auch immer noch unter der statistisch zu erwartenden Zufallsgröße liegen; es werden damit nur knapp 5 % der sensiblen Ackerflächen erreicht,
- der geförderte Flächenumfang ackerbaulicher Maßnahmen bei Weitem nicht ausreicht, um alle sensiblen Gebiete zu erreichen,
- von den fünf Maßnahmen mit besonders positiver [++] Erosionsschutzwirkung nur die flächenschwache Maßnahme f4-c (GW Stilllegung) eine gute ‚Ökoeffizienz‘ hat,
- die einzige Maßnahme mit Förderkulisse (Zwischenfruchtanbau, f2-A7) vergleichsweise eine sehr hohe Treffgenauigkeit und sehr gute ‚Ökoeffizienz‘ hat;
- die schlechten Treffgenauigkeiten der anderen flächenstarken Maßnahmen mit Bodenschutzzielen zumindest teilweise durch fehlende Steuerung erklärt werden können.

Gemeinsame Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung der Maßnahmen mit Schutzwirkung gegen Wasser- und Winderosion

Die Betrachtung der Kosten-Wirksamkeitsrelationen der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung bei einer kombinierten Auswertung der wasser- und winderosionsgefährdeten Flächen zeigt folgendes Bild (Tabelle 31).

Zunächst wird deutlich, dass die Bewertungsextrema nicht mehr so weit auseinander liegen, wie bei den Einzelbewertungen, d. h. die Vorzüglichkeit der Einzelmaßnahmen wird etwas relativiert. Gleichzeitig erreichen mehr Maßnahmen (sieben im Vergleich zu fünf) überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelationen, das Spektrum zu präferierender Maßnahmen erweitert sich damit. Eine differenzierte Betrachtung im Hinblick auf die Ur-

sachenbekämpfung der Erosionserscheinungen (wasser- oder windinduziert) ist bei der gemeinsamen Betrachtung jedoch nicht mehr möglich.

Mit Abstand die besten Ergebnisse erreichen der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) und die Grundwasserschutzmaßnahmen (f4); letztere jedoch nur bedingt mit Flächenrelevanz. Auffällig schlechte Werte erhalten auch hier der Ökolandbau (f2-C; auf Acker und Grünland zusammen: 0,98) und die Grünlandextensivierung (f2-B). Unter den flächenstarken Maßnahmen mit Bodenschutzzielen wären demnach der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) und die MDM-Verfahren (f2-A2) für den Erosionsschutz zu empfehlen.

Tabelle 31: Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Beitrag zum Erosionsschutz (gesamt)

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation ¹⁾			Wirkung [+, ++]
			Erosion gesamt	Wassererosion	Winderosion	
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	2,38	0,05	3,21	+
GW Teil-Ökolandbau	f4-d		2,37	0,00	3,20	+A
GW Ökolandbau	f4-e		1,54	1,62	1,42	+A
GW Stilllegung	f4-c		1,43	1,22	1,46	++
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	1,27	3,96	0,00	+/++
MDM-Verfahren	f2-A2	•	1,17	1,73	0,85	++
Ökolandbau Acker	f2-C	•	1,15	0,93	1,20	+
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	0,80	0,63	0,83	+
Grünlandextensivierung	f2-B	•	0,76	0,75	0,72	+
GW Grünlandextensivierung	f4-a		0,76	1,01	0,61	+
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		0,58	1,39	0,18	++
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		0,50	0,26	0,57	++
Koop Feuchtgrünland	f3-b		0,00	0,00	--	+
Durchschnitt	alle Maßnahmen		1,13	1,04	1,19	
	++ Maßnahmen		0,99	1,15	0,61	
	+ Maßnahmen		1,22	0,99	1,60	

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

A nur auf Ackerflächen.

Quelle: Eigene Berechnung.

3.2 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Grundwasser

Die Kosten-Wirksamkeitsanalyse der Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Grundwasser fokussiert im Folgenden auf zwei Untersuchungsansätze. Zum einen wird die Effizienz der Maßnahmen im Hinblick auf die Zielgebiete der Grundwasserkörper der WRRL untersucht. Die erstmalige Bewertung der Grundwasserkörper berücksichtigt dabei sowohl Emissions- als auch Immissionsdaten im Hinblick auf diffuse Stickstoffeinträge (MU, 2006). Zum anderen wird die Effizienz der Maßnahmen vor dem Hintergrund (modellhaft ermittelter) nitratauswaschungsgefährdeter Gebiete (Forschungszentrum Jü-

lich, 2007; Kunkel, 2006) untersucht. Die Modellierung des Forschungszentrums Jülich nimmt damit quasi eine ‚vermittelnde Stellung‘ zwischen den Emissionen (N-Bilanz) und den Immissionen (Nitrat im Grundwasser) ein.

3.2.1 Problemlage in Niedersachsen

Zielsetzung des Entwicklungsplans

Der Schutz des Wassers vor stofflichen Beeinträchtigungen ist im Entwicklungsplan als allgemeines Ziel für NAU-Maßnahmen und als spezifisches Ziel für die Trinkwasserschutzmaßnahmen deklariert worden. Mit Einführung der Modulationsmaßnahmen sind weitere grundwasserschutzrelevanter Ziele verknüpft. Im Einzelnen sind zu nennen:

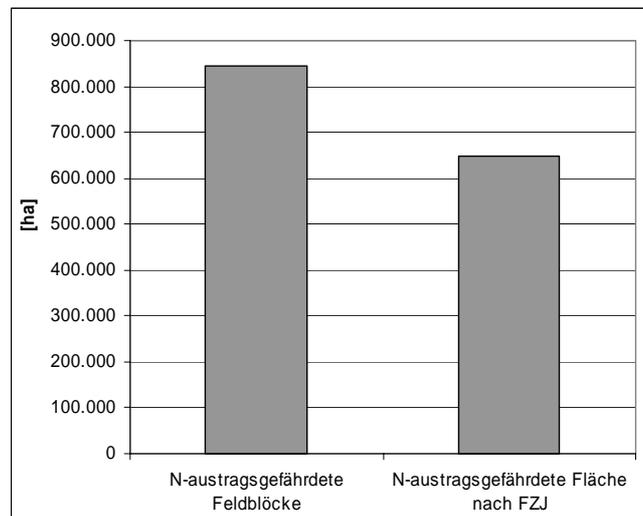
- Für die umweltfreundliche Gülleausbringung: Mineralische Düngemittel einsparen und Nährstoffauswaschungen verringern, effizienter und sparsamer Einsatz flüssiger Wirtschaftsdünger,
- für den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten: Schutz vor Erosion und Nährstoffaustrag.

Nitratauswaschungsgefährdete Flächen (FZJ)

Die nitratauswaschungsgefährdeten Flächen Niedersachsens werden anhand der Auswertungen des Forschungszentrums Jülich (FZJ) beschrieben (Kunkel, 2006) (Karte A-3). Es erfolgt eine einheitliche Wertzuweisung je Feldblock, wodurch sich die Anteile nitratauswaschungsgefährdeter Flächen im Vergleich zum Ausgangsdatenbestand verschieben (zum Vorgehen vgl. Kapitel 2.2). Die Konsequenzen des Vorgehens für die Flächenbilanz der Nitratauswaschungsgefährdung wird in Abbildung 8 veranschaulicht.

Der Vergleich der beiden Darstellungsmöglichkeiten zeigt, dass durch einheitliche Wertbildung auf Feldblockebene deutlich mehr Fläche als nitratauswaschungsgefährdet ausgewiesen wird, als durch die Originalquelle nach FZJ (Kunkel, 2006). Die Differenz beträgt gut 195.000 ha oder 23 Prozentpunkte. Methodisch bedingt wird somit die Treffgenauigkeit der Maßnahmen überschätzt.

Abbildung 8: Gegenüberstellung der Nitratauswaschungsgefährdung auf Feldblockbasis und auf Rasterbasis (FZJ)



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Forschungszentrum Jülich (FZJ) (Kunkel, 2006) und InVeKoS-GIS.

Im Folgenden wird die Verteilung nitratauswaschungsgefährdeter Flächen auf Feldblockebene in Niedersachsen näher beschrieben. Die gut 843.000 ha auswaschungsgefährdeten Feldblöcke neben fast ein Drittel der LF Niedersachsens ein, das entspricht rd. 18 % der Landesfläche.

Wird die Nutzungsverteilung nach FNN auf den auswaschungsgefährdeten Flächen analysiert (Tabelle 32) so zeigt sich, dass mit Abstand die meisten nitratauswaschungsgefährdeten Flächen unter Ackernutzung liegen (auf 23,5 % der LF, das sind 77 % aller Nutzungstypen). Grünland nimmt 7 % der nitratauswaschungsgefährdeten Feldblöcke ein, andere Kulturen spielen mit zusammen 2.224 ha in der Flächenbilanz eine marginale Rolle (vgl. hierzu auch die Beschreibung der Datengrundlagen in Kapitel 2.1).

Tabelle 32: Nutzungstypen auf nitratauswaschungsgefährdeten Feldblöcken in Niedersachsen

Grünland		Ackerland		Dauerkulturen		Wald ¹⁾		Gesamt	
[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]
190.320	7,1	630.563	23,5	2.084	0,1	140	0,0	823.107	30,7

1) Es handelt sich ausschließlich um den im FNN als förderrelevant erfassten Wald, i. d. R. Erstaufforstung. Die Fläche der Nutzungstypen wurde dem FNN entnommen, die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von InVeKoS-GIS, FNN und FZJ (Kunkel, 2006).

Das Grundwasserbelastungspotenzial von Ackerflächen ist im Regelfall höher einzuschätzen als das von Grünlandflächen. Daher liegt ein besonderes Augenmerk auf den rd. 630.500 ha Ackerflächen, die in nitratauswaschungsgefährdeten Gebieten liegen.

Grundwasserkörper, die intensiver zu untersuchen sind

Die in der erstmaligen Beschreibung des chemischen Zustands erfassten Grundwasserkörper (GWK), die ‚intensiver zu untersuchen‘ sind (d. h. mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung), nehmen über 68 % der Landesfläche ein (vgl. Tabelle 33; Karte A-3). Durch die Verschneidung mit dem InVeKoS-GIS werden die Feldblöcke unter landwirtschaftlicher Nutzung ermittelt, die auf sensiblen GWK liegen. Es sind gut 1,9 Mio. ha, die 40 % der Landesfläche oder 72 % der LF umfassen. Allein schon aufgrund des sehr hohen Flächenumfangs der LF, die als sensibles Gebiet eingestuft wird, ist damit zu rechnen, dass sehr viele grundwasserschutzwirksame Maßnahmen innerhalb dieser Gebiete liegen.

Tabelle 33: Feldblöcke und Grundwasserkörper, die intensiver zu untersuchen sind

	Fläche [ha]	Anteile an der Landesfläche [%]	Anteile an der LF ¹⁾ [%]
GWK, die intensiver zu untersuchen sind	3.257.847	68,4	--
Feldblöcke auf GWK, die intensiver zu untersuchen sind	1.927.704	40,5	71,8

GWK = Grundwasserkörper. 1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von InVeKoS-GIS und MU (2006).

Wird die Nutzungsverteilung nach FNN auf den GWK, die ‚intensiver zu untersuchen‘ sind analysiert (Tabelle 34), so zeigt sich wie bei den nitratauswaschungsgefährdeten Flächen (FZJ), wenn auch nicht ganz so ausgeprägt, dass mit Abstand die meisten sensiblen Flächen unter Ackernutzung liegen (73 % aller Nutzungstypen oder 1,3 Mio. ha); das ist fast die Hälfte der LF. Grünland nimmt 18,5 % der sensiblen Feldblöcke ein, andere Nutzungen spielen mit zusammen 4.400 ha in der Flächenbilanz eine marginale Rolle. Das Verhältnis Grünland- zu Ackernutzung in den sensiblen Gebieten nach WRRL stellt sich mit 1:3 ähnlich dar, wie auf den nitratauswaschungsgefährdeten Flächen nach FZJ.

Tabelle 34: Nutzungstypen auf Grundwasserkörpern, die nach Bestandserfassung zur WRRL intensiver zu untersuchen sind

Grünland		Ackerland		Dauerkulturen		Wald ¹⁾		Gesamt	
[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]
496.008	18,5	1.335.087	49,7	4.090	0,2	346	0,0	1.835.531	68,4

1) Es handelt sich ausschließlich um den im FNN als förderrelevant erfassten Wald, i. d. R. Erstaufforstung.
Die Fläche der Nutzungstypen wurde dem FNN entnommen, die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von InVeKoS-GIS, FNN und (2006).

3.2.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen

Der Ressourcenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen wird aus den Ergebnissen der Aktualisierung der Halbzeitbewertung übernommen (vgl. Kap. 2.2.2.2). Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Ressourcenschutzbeiträge (Wirkungen) der Maßnahmen zum Erosionsschutz.

Eine Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung muss die Zielsetzungen der Maßnahmen berücksichtigen. Die Problematik nicht vorhandener oder unscharfer Zielformulierungen wurde ausführlich im Kapitel 2.2 thematisiert. In der Tabelle sind die Maßnahmen mit Wasserschutzzielen mit einem Punkt markiert. Von den 21 (Teil-)Maßnahmen haben zehn ein Ressourcen- oder Grundwasserschutzziel und 18 Maßnahmen eine positive Grundwasserschutzwirkung. Die Maßnahmen ohne Wasserschutzwirkung werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Sie umfassen drei der 21 (Teil-)Maßnahmen.

Alle mit einem Punkt versehenen Maßnahmen nennen mehr oder weniger explizite Grundwasserschutzziele. Selbstverständlich ist dies bei den fünf Grundwasserschutzmaßnahmen. Aber auch die Modulationsmaßnahmen umweltfreundliche Gülleausbringung und Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten nennen solche Ziele (vgl. oben), genauso wie die alteingeführten MSL-Maßnahmen PSM-Verzicht im Obstbau, Grünlandextensivierung und Ökolandbau.

Tabelle 35: Grundwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen

Maßnahme	Code	Maßnahmen, die zum Schutz vor Nitratreinträgen in das Grundwasser beitragen	
		Ziel	Wirkung
Tiergenetik	f1	—	0
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	●	++
MDM-Verfahren	f2-A2	—	+
Gülleausbringung	f2-A3	●	+
Blühflächen	f2-A4	—	0
Blühstreifen	f2-A5	—	++
Schonstreifen	f2-A6	—	+
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	●	++
Grünlandextensivierung	f2-B	●	+
Ökolandbau	f2-C	●	++A, +G
Langj. Stilllegung	f2-D	—	++
Koop Biotoppflege	f3-a	—	0
Koop Feuchtgrünland	f3-b	—	+
Koop Dauergrünland	f3-c	—	+
Koop Gastvögel	f3-d	—	+
Koop Ackerrandstreifen	f3-e	—	++
GW Grünlandextensivierung	f4-a	●	++
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	●	++
GW Stilllegung	f4-c	●	++
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	●	++
GW Ökolandbau	f4-e	●	++

Ziele:

- Ziele für das Schutzgut angegeben
- keine Ziele für das Schutzgut angegeben

Wirkungen:

- 0 keine oder neutrale Wirkung
- + positive Wirkung
- ++ sehr positive Wirkung
- A auf Ackerland
- G auf Grünland

Quelle: Eigene Darstellung.

3.2.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen

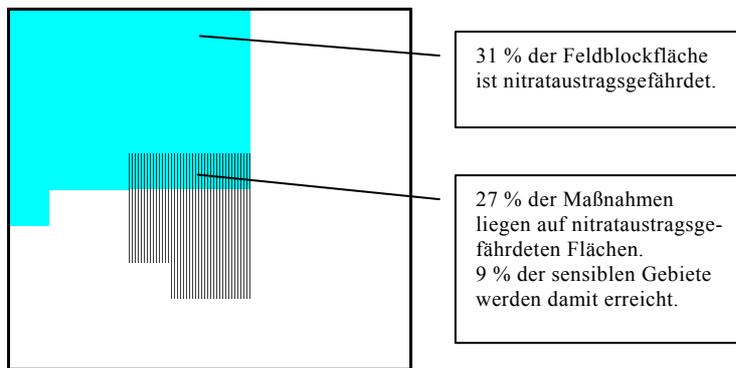
Die Wirksamkeit oder Effektivität der Maßnahmen ergibt sich einerseits aus ihrem Wirkungsbeitrag, andererseits aus ihrer Treffgenauigkeit. Beide Aspekte werden daher hier in einem Kapitel gemeinsam betrachtet (Tabelle 36 und Abbildung 9).

Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen auf nitratwaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Die Abbildung vermittelt einen schnellen Überblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Wirkung gegen Nitratwaschung: 31 % der Feldblockfläche Niedersachsens sind als nitratwaschungsgefährdete sensible Gebiete einzuschätzen. Von den knapp 285.000 ha Maßnahmenfläche mit Wirkung gegen Nitratwaschung liegen 27 % inner-

halb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau zu bewerten¹⁶. Sie decken 9 % der nitratauswaschungsgefährdeten Feldblockfläche ab.

Abbildung 9: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf nitratauswaschungsgefährdeten Flächen



Quelle: Eigene Darstellung .

Die Tabelle 36 ermöglicht eine differenziertere Darstellung unter Berücksichtigung der Wirkung. Dargestellt sind einerseits die absolute Maßnahmenfläche in Hektar, die innerhalb nitrataustragsgefährdeter Gebiete gefördert wird, andererseits der Anteil der Maßnahmenfläche, der innerhalb der sensiblen Gebiete liegt, in Prozent. Maßnahmen, für die ein Grundwasserschutzziel vorgegeben ist, sind durch einen Punkt markiert.

Für den Grundwasserschutz sind spezifische Förderkulissen¹⁷ für die f4-Maßnahmen vorgesehen, die sich auf die Treffgenauigkeit der Maßnahmen auswirken können. Auch der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) hat eine Förderkulisse - wenn auch nicht speziell im Hinblick auf den Grundwasserschutz -, die sich auf Teilgebiete des niedersächsischen Tieflands erstreckt. Die Maßnahme Schonstreifen (f2-A6) wurde nur ein Jahr angeboten und auf den Landkreis Wolfenbüttel beschränkt. Die Vertragsnaturschutzmaßnahmen sind grundsätzlich an fachlich definierte Kulissen gebunden, die sich – verkürzt formuliert – auf Fragestellungen der Erhaltung der Biodiversität konzentrieren. Ihre Treffgenauigkeit kann daher nicht direkt mit der anderer Maßnahmen verglichen werden.

Die Auswertung zeigt, dass die Gesamt-Treffgenauigkeit mit 27 % recht niedrig liegt, wobei die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Grundwasserschutzwirkung mit einem Schnitt

¹⁶ Die Treffgenauigkeit liegt damit unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

¹⁷ Vorranggebiete für Wassergewinnung, die in Raumordnungsprogrammen festgelegt sind oder deren räumliche Abgrenzung durch hydrogeologische Gutachten hinreichend genau bestimmt ist.

von 33 % deutlich über dem Gesamtschnitt und mit weiten Abstand vor den Maßnahmen mit einfach positiver Wirkung [+] liegen (25 % Treffgenauigkeit).

Tabelle 36: Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitrat-
auswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Maßnahmen	Code	Ziel	Wirkung	Treffer- fläche ¹⁾	Nicht- Trefferfläche ²⁾	Treff- genauigkeit ³⁾
			[+, ++]	[ha]	[ha]	[%]
mit ++ Wirkung						
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	++	29	20	59
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	++	426	685	38
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		++	423	727	37
GW Ökolandbau	f4-e	•	++	1.076	1.932	36
GW Stilllegung	f4-c	•	++	1.513	2.920	34
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	++	567	1.096	34
Ökolandbau Acker	f2-C	•	++	8.808	17.770	33
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	++	5.066	10.617	32
Blühstreifen	f2-A5		++	1.092	2.461	31
Langj. Stilllegung	f2-D		++	19	72	21
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	++	0	23	0
Summe/Durchschnitt				19.019	38.323	33
mit + Wirkung						
Schonstreifen	f2-A6		+	10	15	39
Gülleausbringung	f2-A3	•	+	18.340	40.111	31
MDM-Verfahren	f2-A2		+	19.659	46.180	30
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	6.180	21.946	22
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	10.862	42.957	20
Koop Dauergrünland	f3-c		+	1.071	4.695	19
Koop Feuchtgrünland	f3-b		+	320	6.323	5
Koop Gastvögel	f3-d		+	95	8.529	1
Summe/Durchschnitt				56.537	170.756	25
Summe/Durchschnitt gesamt				75.556	209.079	27

1) Maßnahmen auf nitrat-
auswaschungsgefährdeten Flächen.

2) Maßnahmen außerhalb nitrat-
auswaschungsgefährdeter Flächen.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Auffällig ist jedoch, dass selbst die Maßnahmen des Grundwasserschutzes Treffgenauigkeiten von max. 40 bis 60 % erreichen. Diese Ergebnisse sind vermutlich auf unterschiedliche Bezugsräume zurückzuführen. Während der Analyse des FZJ eine bundesweite Sichtweise zugrunde liegt, werden die f4-Maßnahmen gezielt in Wasservorranggebieten Niedersachsens eingesetzt, um eine definierte Wasserqualität zur Trinkwassergewinnung zu erreichen oder zu erhalten. Dabei spielen u. a. auch Vorsorgegesichtspunkte und das Mischungsverhältnis von belastetem und unbelastetem Grund- bzw. Rohwasser eine Rolle. Auch werden hier großmaßstäbliche Kartengrundlagen zur Entscheidungsfindung heran-

gezogen. Von Interesse ist die Stoffkonzentration im gewonnenen Rohwasser am lokalen Brunnen, nicht die Nitratfracht, die über das Grundwasser in Oberflächengewässer und Meere gelangen kann. Die beiden Zielstellungen sind somit nicht vollständig miteinander in Deckung zu bringen. Die Ergebnisse zeigen trotzdem, dass die f4-Maßnahmen als spezifische Grundwasserschutzmaßnahmen auch unter dem anderen Blickwinkel der Auswertung des FZJ die höchsten Treffgenauigkeiten erlangen. Durch den Einsatz der Maßnahmen ausschließlich in Gebietskulissen, wird unter dem Blickwinkel eines Trinkwasserschutzes eine 100-prozentige Treffgenauigkeit erreicht.

Die Auswertung der flächenstarken Maßnahmen (f2-A2, f2-A3, f2-A7, f2-B, f2-C) ohne spezifische Kulisse für den Grundwasserschutz zeigt ebenso keine Besonderheiten, wie die Gesamtheit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzziel; beide Gruppen liegen im Mittel der Treffgenauigkeit aller Maßnahmen. Die Grünlandextensivierung als eine der flächenstarken Maßnahmen mit Grundwasserschutzziel schneidet mit nur 20 % Treffgenauigkeit erstaunlich schlecht ab. Auch der PSM-Verzicht im Obstbau hat eine schlechte (keine) Treffgenauigkeit. Sie spielt flächenmäßig jedoch keine Rolle. Die Maßnahme hat zwar ein Grundwasserschutzziel, fokussiert jedoch auf Pflanzenschutzmitteleinträge, nicht auf Nitrateinträge. Insofern ist die Betrachtung auf der Basis von FZJ nur bedingt aussagekräftig.

Die Maßnahmen, die auf auswaschungssensiblen **Ackerflächen** durchgeführt werden, umfassen ca. 37.000 ha¹⁸ und haben eine leicht überdurchschnittliche Treffgenauigkeit von 31 %. Sie erzielen mit zwei Ausnahmen einen sehr positiven [++] Wirkungsbeitrag. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen in sensiblen Ackerbaugebieten liegt mit 49 % jedoch deutlich unter dem Ackerflächenanteil von 76,6 % in den sensiblen Gebieten. Vor diesem Hintergrund muss den Maßnahmen auf Ackerland im Hinblick auf ihre Grundwasserschutzwirkung (Reduzierung der Nitrat Auswaschung)

- erstens eine ungenügende Flächendeckung bescheinigt werden (potenziell könnten nach den Förderdaten von 2005 ca. 118.370 ha Maßnahmen für den Grundwasserschutz auf Ackerflächen wirksam werden, es sind jedoch 630.563 ha Ackerfläche auswaschungsgefährdet; das entspricht einem theoretischen maximalen Deckungsgrad von 19 %);
- zweitens eine ungenügende Treffgenauigkeit bescheinigt werden (die Treffgenauigkeit der Ackermaßnahmen liegt mit 31 % zwar leicht über dem Durchschnitt aller Maßnahmen, aber deutlich unter dem Anteil von knapp 77 % Ackerflächen in den sensiblen Gebieten); insbesondere die flächenstarken MSL-Maßnahmen schneiden schlecht ab;

¹⁸ Es werden nur eindeutig zurechenbare Maßnahmen angerechnet: f2-A2, f2-A7, f2-C (auf Acker), f3-e, f4-b, f4-c, f4-d, f4-e.

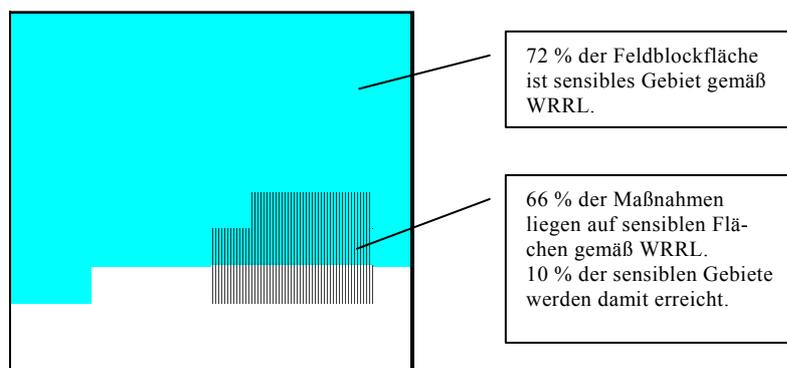
- andererseits positiv angerechnet werden, dass für die Grundwasserschutzmaßnahmen Förderkulissen bestehen, die eine effiziente Lenkung der Maßnahmen gewährleisten¹⁹.

Es lässt sich als Resümee festhalten, dass die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung eine deutlich bessere Wirksamkeit entfalten (bessere Wirkung und bessere Treffgenauigkeit) als die Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung. In der Gruppe der Maßnahmen mit Grundwasserschutzziel ist die Wirksamkeit jedoch heterogen zu beurteilen. Deutlich herausragend sind die Grundwasserschutzmaßnahmen (f4), gefolgt vom Ökolandbau (f2-C auf Ackerflächen), dem Zwischenfruchtanbau (f2-A7 und der Gülleausbringung (f2-A3) als flächenstarke Maßnahmen.

Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen auf GWK, die intensiver zu untersuchen sind²⁰

Die Abbildung vermittelt einen Schnellüberblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung: 72 % der Feldblockfläche Niedersachsens liegen auf GWK, die ‚intensiver zu untersuchen‘ sind; sie sind als sensible Gebiete einzuschätzen. Von den knapp 285.000 ha Maßnahmenfläche mit Wirkung gegen diffuse Stoffeinträge liegen 66 % innerhalb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau zu bewerten²¹. Sie decken damit 10 % der gefährdeten Feldblöcke ab.

Abbildung 10: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit in sensiblen Gebieten nach WRRL



Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁹ Deren Zielkulisse allerdings nicht deckungsgleich mit der hier vorliegenden Fragestellung ist.

²⁰ Im Folgenden werden die Grundwasserkörper, die ‚intensiver zu untersuchen‘ sind als sensible Gebiete gemäß WRRL oder Zielflächen der WRRL bezeichnet. Die WRRL selbst führt diese Bezeichnungen nicht ein.

²¹ Die Treffgenauigkeit liegt damit innerhalb der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

Die Tabelle 37 ermöglicht eine differenziertere Darstellung unter Berücksichtigung der Wirkung. Dargestellt sind die absolute Maßnahmenfläche in Hektar und der Anteil der Maßnahmenfläche, der innerhalb der sensiblen Gebiete liegt in Prozent. Maßnahmen, für die ein Grundwasserschutzziel vorgegeben ist, sind durch einen Punkt markiert.

Auf die Lenkungswirkung von Förderkulissen und deren Einfluss auf die Treffgenauigkeit wurde bereits ausführlich eingegangen (vgl. oben).

Tabelle 37: Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf sensiblen Gebieten nach WRRL

Maßnahmen	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffer- fläche ¹⁾ [ha]	Nicht- Trefferfläche ²⁾ [ha]	Treff- genauigkeit ³⁾ [%]
mit ++ Wirkung						
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	++	47	2	97
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	++	13.860	1.824	88
Ökolandbau Acker	f2-C	•	++	18.501	8.077	70
Blühstreifen	f2-A5		++	2.412	1.141	68
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		++	739	411	64
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	++	574	536	52
GW Ökolandbau	f4-e	•	++	1.535	1.473	51
GW Stilllegung	f4-c	•	++	2.057	2.376	46
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		++	38	53	42
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	++	642	1.022	39
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	++	7	16	30
Summe/Durchschnitt				40.412	16.930	70
mit + Wirkung						
Schonstreifen	f2-A6		+	24	1	96
Gülleausbringung	f2-A3	•	+	51.414	7.037	88
Koop Dauergrünland	f3-c		+	4.547	1.219	79
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	17.605	10.522	63
MDM-Verfahren	f2-A2		+	39.999	25.840	61
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	32.020	21.798	59
Koop Feuchtgrünland	f3-b		+	1.885	4.758	28
Koop Gastvögel	f3-d		+	567	8.057	7
Summe/Durchschnitt				148.062	79.232	65
Summe/Durchschnitt gesamt				188.474	96.161	66

1) Maßnahmen auf nitratauswaschungsgefährdeten Flächen.

2) Maßnahmen außerhalb nitratauswaschungsgefährdeter Flächen.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Im Vergleich zu den Maßnahmen auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen zeigt sich in den Zielgebieten der WRRL zunächst einmal eine deutlich höhere Treffgenauigkeit

von durchschnittlich 66 % (gegenüber 27 %). Sie liegt damit aber immer noch unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung, bei einem Flächenanteil von 72 % sensibler Gebiete an der LF. Die Treffgenauigkeit kann somit auch auf den Flächen der WRRL nicht als gut bewertet werden.

Die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung haben mit 70 % eine leicht bessere Treffgenauigkeit als die Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung (65 %). Herausragend sind der Teil-Ökolandbau des Grundwasserschutzes (f4-d), der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) und der Ökolandbau auf Ackerflächen (f2-C). Somit zählen auch zwei flächenstarke Maßnahmen zu den überdurchschnittlich treffgenauen und sehr positiv wirksamen Maßnahmen.

Auch unter den Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung fallen drei Maßnahmen mit überdurchschnittlichen Treffgenauigkeiten auf: Schonstreifen (f2-A6), umweltfreundliche Gülleausbringung (f2-A3) und das Kooperationsprogramm Dauergrünland (f3-c). Die anderen Maßnahmen liegen im Durchschnitt oder darunter und unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung. Das gilt insbesondere auch für die flächenstarken Maßnahmen Ökolandbau (auf Grünland), MDM-Verfahren und Grünlandextensivierung.

Die Maßnahmen mit Wasserschutzzielen erreichen mit 72 % insgesamt eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit. Besonders positiv fallen die Maßnahmen f4-d, f2-A7, f2-A3 auf.

Die Maßnahmen, die auf sensiblen **Ackerflächen** (GWK, die ‚intensiver zu untersuchen sind‘) durchgeführt werden, umfassen 78.166 ha²² und haben eine durchschnittliche Treffgenauigkeit von 66 %, was insbesondere auf die flächenstarken Maßnahmen Zwischenfruchtanbau (f-A7) und Ökolandbau auf Ackerflächen (f2-C) zurückzuführen ist.

Die ackerbaulichen Maßnahmen erzielen mit zwei Ausnahmen (f1-A2, f1-A6) einen sehr positiven [++] Wirkungsbeitrag. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen in sensiblen Ackerbaugebieten weicht mit 66 % jedoch deutlich vom Ackerflächenanteil von knapp 73 % in den sensiblen Gebieten ab und liegt unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung. Vor diesem Hintergrund muss den Maßnahmen auf Ackerland im Hinblick auf ihre Grundwasserschutzwirkung (Reduzierung diffuser Stoffeinträge)

- erstens eine ungenügende Flächendeckung bescheinigt werden (potenziell könnten nach den Förderdaten von 2005 ca. 118.370 ha Maßnahmen für den Grundwasserschutz auf Ackerflächen wirksam werden, es sind jedoch rd. 1,335 Mio. ha Ackerflä-

²² Es werden nur eindeutig zurechenbare Maßnahmen angerechnet: f2-A2, f2-A7, f2-C (auf Acker), f3-e, f4-b, f4-c, f4-d, f4-e.

- che als sensibel klassifiziert; das entspricht einem maximalen theoretischen Deckungsgrad von nur 9 %);
- zweitens eine ungenügende Treffgenauigkeit bescheinigt werden (die Treffgenauigkeit der Ackermaßnahmen liegt mit 66 % lediglich im Durchschnitt aller Maßnahmen, aber noch unter dem Anteil von Ackerflächen von 72 % in den sensiblen Gebieten);
 - andererseits positiv angerechnet werden, dass für die Grundwasserschutzmaßnahmen Förderkulissen bestehen, die eine effiziente Lenkung der Maßnahmen gewährleisten²³.

Es lässt sich als Resümee festhalten, dass die Maßnahmen mit Grundwasserschutzzielen eine bessere Wirksamkeit entfalten als die Maßnahmen ohne Ziele. Sie haben in der Summe mit fast drei Viertel aller Trefferflächen eine sehr hohe Flächenrelevanz. Besonders herauszuheben – da mit sehr positiver [++] Wirkungseinschätzung, großer Flächenrelevanz und überdurchschnittlicher Treffgenauigkeit sind die beidem Maßnahmen Zwischenfruchtanbau (f2-A7) und Ökolandbau (f2-C auf Ackerflächen). Die Treffgenauigkeit der besonders relevanten ackerbaulichen Maßnahmen ist deutlich besser als die der Grünlandmaßnahmen. Auch ihr Flächenumfang ist deutlich höher, wenn auch bei weitem nicht ausreichend, um alle sensiblen Ackerbaugebiete zu erreichen.

Flächenanteile der Maßnahmen in sensiblen Gebieten

Die Aussagen zur Treffgenauigkeit werden durch die Berechnung der Flächenanteile²⁴ der Maßnahmen in den sensiblen Gebieten bestätigt. Aus der Darstellung der Flächenanteile in den nitrataustragsgefährdeten Gebieten bzw. den sensiblen Gebieten gemäß WRRL lässt sich der Beitrag einzelner Maßnahmen aus dem Gesamtmix der grundwasserschutzwirksamen Maßnahmen ablesen.

²³ Deren Zielkulisse allerdings nicht deckungsgleich mit der hier vorliegenden Fragestellung ist.

²⁴ Flächenanteile der Maßnahmen werden folgendermaßen berechnet: [Fläche der Einzelmaßnahme im sensiblen Gebiet] / [Fläche aller Maßnahmen im sensiblen Gebiet] * [100].

Tabelle 38: Flächenanteile der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in nitrat-
auswaschungsgefährdeten Gebieten nach FZJ

Maßnahme	Code	Ziel	Flächenanteile im nitratstragsgefährdeten Gebiet [%]
MDM-Verfahren	f2-A2		26,02
Gülleausbringung	f2-A3	•	24,27
Grünlandextensivierung	f2-B	•	14,38
Ökolandbau Acker	f2-C	•	11,66
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	8,18
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	6,71
GW Stilllegung	f4-c	•	2,00
Blühstreifen	f2-A5		1,45
GW Ökolandbau	f4-e	•	1,42
Koop Dauergrünland	f3-c		1,42
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	0,75
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	0,56
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		0,56
Koop Feuchtgrünland	f3-b		0,42
Koop Gastvögel	f3-d		0,13
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	0,04
Langj. Stilllegung	f2-D		0,02
Schonstreifen	f2-A6		0,01
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,00
Durchschnitt			5,26

Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund recht ähnlicher Ergebnisse können die beiden Untersuchungsansätze hier gemeinsam betrachtet werden: Nur sechs (Teil-)Maßnahmen haben überdurchschnittliche Flächenanteile, bis auf die MDM-Verfahren haben alle darunter ein Wasserschutzziel. Die Maßnahmen MDM-Verfahren, Gülleausbringung und Grünlandextensivierung haben mit deutlichem Abstand die meisten Flächenanteile in den sensiblen Gebieten; der Ökolandbau (Acker- und Grünlandflächen zusammen) zählt ebenfalls dazu. Damit sind alle flächenstarken Maßnahmen mit Grundwasserschutzzielen auch mit überdurchschnittlich hohen Flächenanteilen in den sensiblen Gebieten vertreten. Diese Maßnahmen wären daher für einen großflächigen Grundwasserschutz zu präferieren.

Tabelle 39: Flächenanteile der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten nach WRRL

Maßnahme	Code	Ziel	Flächenanteile im nitratstragsgefährdeten Gebiet [%]
Gülleausbringung	f2-A3	•	27,28
MDM-Verfahren	f2-A2		21,22
Grünlandextensivierung	f2-B	•	16,99
Ökolandbau Acker	f2-C	•	9,82
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	9,34
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	7,35
Koop Dauergrünland	f3-c		2,41
Blühstreifen	f2-A5		1,28
GW Stilllegung	f4-c	•	1,09
Koop Feuchtgrünland	f3-b		1,00
GW Ökolandbau	f4-e	•	0,81
Koop Ackerrandstreifen	f3-e	•	0,39
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	0,34
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b		0,30
Koop Gastvögel	f3-d		0,30
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	0,03
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		0,02
Schonstreifen	f2-A6		0,01
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,00
Durchschnitt			5,26

Quelle: Eigene Darstellung.

3.2.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen

Das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis lässt sich über die Wirksamkeit (Kapitel 3.2.3) und die Input-Outputrelation einer Maßnahme beschreiben.

Input-Outputrelation der Maßnahmen

Wie bereits im Kapitel 2.2 dargelegt wird bei der Input-Outputrelation die Multifunktionalität der Maßnahmen als Korrekturfaktor berücksichtigt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Multifunktionalität der Maßnahmen und die Beihilfesätze ohne und mit Berücksichtigung des Korrekturfaktors.

Der Vergleich von ‚durchschnittlichem Beihilfesatz‘ und ‚Beihilfesatz unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors‘ zeigt einerseits veränderte Input-Outputrelationen in EUR/ha, die sich durch die Höhe des Beihilfesatzes und die Größe des Korrekturfaktors ergeben. Je mehr unterschiedliche Schutzgutwirkungen eine Maßnahme hat, desto günstiger wird ihr Input-Outputverhältnis.

Tabelle 40: Zusatznutzen und durchschnittliche Beihilfeshöhe der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung bei Schutzgut ...				Beihilfesatz	
			Boden	Luft	Biodiversität	Land-schaft	Durchschnitt [EUR/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [EUR/ha]
Gülleausbringung	f2-A3	•	x	x			15	8
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	x	x	x	x	133	33
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	x		x		70	35
Koop Gastvögel	f3-d		x		x	x	117	39
Ökolandbau	f2-C	•	x	x	x	x	158	39
GW Ökolandbau	f4-e	•	x		x	x	133	44
Grünlandextensivierung	f2-B	•	x			x	103	52
GW Stilllegung	f4-c	•	x		x	x	159	53
MDM-Verfahren	f2-A2		x				72	72
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	x		x		145	73
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	x		x	x	247	82
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		x		x	x	257	86
Koop Dauergrünland	f3-c		x		x	x	258	86
Koop Feuchtgrünland	f3-b		x		x	x	274	91
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	x		x	x	445	148
Schonstreifen	f2-A6		x		x	x	500	167
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		x		x	x	510	170
Blühstreifen	f2-A5		x		x	x	600	200
Anzahl/Durchschnitt			18	3	15	14	233	82

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Andererseits wird deutlich, dass sich durch die Berücksichtigung des Korrekturfaktors das Ranking der Maßnahmen untereinander verschiebt. Beispiele dafür sind der Ökolandbau und die MDM-Verfahren. Der Ökolandbau läge bei Betrachtung des durchschnittlichen Beihilfesatzes auf dem neunten Rang, bei Berücksichtigung des Korrekturfaktors rutscht er jedoch auf den fünften Platz. Bei den MDM-Verfahren verhält es sich genau umgekehrt, hier schneidet die Betrachtung des durchschnittlichen Beihilfesatzes deutlich besser ab, als der Wert bei Berücksichtigung des Korrekturfaktors (3 bzw. 9 Platz im Ranking).

Zehn der 18 (Teil-)Maßnahmen liegen unter dem Mittelwert von 82 EUR/ha. Sie haben somit eine überdurchschnittlich gute Input-Outputrelation. Darunter sind mit einer Ausnahme (f4-b) alle Maßnahmen mit Wasserschutzzielen.

Insgesamt betrachtet hat die Berücksichtigung der Multifunktionalität durchaus Einfluss auf das Ranking der Maßnahmen. Es ist daher auch ein Einfluss auf die Beschreibung der Kosten-Wirksamkeit zu erwarten.

Kosten-Wirksamkeitsrelation

Die Kosten-Wirksamkeitsrelation stellt das Verhältnis der durch die Maßnahmen erreichten sensiblen Flächen und der dafür aufgewendeten Finanzmittel dar (vgl. Kapitel 2.2). In den Tabellen sind die Kosten-Wirksamkeitsrelationen als dimensionsloser Quotient und das daraus resultierende Ranking der Maßnahmen dargestellt. Die Ergebnisse sind jedoch ausschließlich unter Hinzuziehung der Wirkungseinschätzung zu interpretieren (letzte Spalte der Tabellen).

Die Auswertungen für die beiden Untersuchungsansätze (nitratenauswaschungsgefährdete (FZJ) Flächen und Gebiete, die gemäß WRRL-Bestandserfassung ‚intensiver zu untersuchen‘ sind) zeigen deutliche Parallelen, wenn auch leichte Unterschiede im Ranking der überdurchschnittlich bewerteten Maßnahmen.

Es zeigt sich, dass in beiden Auswertungen die drei Maßnahmen Gülleausbringung, Teil-Ökolandbau des Grundwasserschutzes und Zwischenfruchtanbau eine überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen. In der Auswertung der nitratenauswaschungsgefährdeten Gebiete nach FZJ liegen die Maßnahmen Ökolandbau auf Ackerflächen und der Ökolandbau des Grundwasserschutzes ebenfalls in der Gruppe der überdurchschnittlich bewerteten Maßnahmen. Alle genannten Maßnahmen haben Wasserschutzziele.

Tabelle 41: Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitratenauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation ¹⁾	Ranking	Wirkung [+, ++]
Gülleausbringung	f2-A3	•	7,07	1	+
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	2,58	2	++
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	1,61	3	++
Ökolandbau Acker	f2-C	•	1,32	4	++
GW Ökolandbau	f4-e	•	1,25	5	++
GW Stilllegung	f4-c	•	1,00	6	++
MDM-Verfahren	f2-A2		0,96	7	+
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	0,86	8	+
Grünlandextensivierung	f2-B	•	0,68	9	+
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	0,64	10	++
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	0,40	11	++
Langj. Stilllegung	f2-D		0,37	12	++
Schonstreifen	f2-A6		0,36	13	+
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		0,33	14	++
Koop Dauergrünland	f3-c		0,33	15	+
Blühstreifen	f2-A5		0,24	16	++
Koop Feuchtgrünland	f3-b		0,08	17	+
Koop Gastvögel	f3-d		0,04	18	+
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,00	19	++
Durchschnitt	alle Maßnahmen		1,06		
	++ Maßnahmen		0,89		
	+ Maßnahmen		1,30		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Berechnung.

Die Gülleausbringung weist mit großem Abstand das beste Kosten-Wirksamkeitsverhältnis auf, bei jedoch nur einfach positiver [+] Wirkung, währenddessen die anderen Maßnahmen eine sehr positive [++] Wirkungseinschätzung haben.

Bei Betrachtung des Ökolandbaus ohne Differenzierung von Acker- und Grünlandflächen, wird in beiden Untersuchungsansätzen mit 08,9 bzw. 08,6 ein unterdurchschnittlicher Wert erreicht.

Tabelle 42: Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten gemäß WRRL

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation ¹⁾	Ranking	Wirkung [+, ++]
Gülleausbringung	f2-A3	•	8,36	1	+
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	1,85	2	++
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	1,78	3	++
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	0,86	4	+
Ökolandbau Acker	f2-C	•	0,85	5	++
Grünlandextensivierung	f2-B	•	0,85	6	+
MDM-Verfahren	f2-A2		0,83	7	+
GW Ökolandbau	f4-e	•	0,75	8	++
Koop Dauergrünland	f3-c		0,60	9	+
GW Stilllegung	f4-c	•	0,57	10	++
Schonstreifen	f2-A6		0,38	11	+
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		0,32	12	++
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,31	13	++
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	0,31	14	++
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		0,25	15	++
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	0,23	16	++
Blühstreifen	f2-A5		0,22	17	++
Koop Feuchtgrünland	f3-b		0,20	18	+
Koop Gastvögel	f3-d		0,11	19	+
Durchschnitt	alle Maßnahmen		1,03		
	++ Maßnahmen		0,68		
	+ Maßnahmen		1,52		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Berechnung.

Die Maßnahmen mit Wasserschutzzielen haben insgesamt eine auffällig bessere ‚Ökoeffizienz‘, als die Maßnahmen ohne Wasserschutzziele. Ausnahme sind die MDM-Verfahren, die nur leicht unterdurchschnittlich abschneiden, allerdings auch nur eine einfach positive [+] Wirkungseinschätzung haben.

Die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung haben in beiden Fällen ein unterdurchschnittliches Kosten-Wirksamkeitsverhältnis, was u. a. auf eine Vielzahl flächenschwacher Maßnahmen und/oder geringe Treffgenauigkeit zurückzuführen ist. Positiv fällt jedoch der flächenstarke Zwischenfruchtanbau (f2-A7) mit einer Kosten-Wirksamkeitsrelation von 1,61 bzw. 1,85 auf, sowie der nicht flächenrelevante Teil-Ökolandbau des Grundwasserschutzes.

Die Maßnahmen mit positiver [+] Wirkung haben im Gegensatz zu den Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung in der Summe ein deutlich überdurchschnittlich gutes Kosten-Wirksamkeitsverhältnis. Ausschlaggebend dafür ist jedoch ausschließlich das besonders gute Abschneiden der Gülleausbringung (f2-A3).

Die Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabellen 43 und 44) hilft die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse weiter einzuordnen.

Die Auswertung der Ergebnisse kann auch hier ansatzübergreifend erfolgen, da signifikante Unterschiede nur im Bereich der Treffgenauigkeit zu erkennen sind. Während auf den nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen 12 Maßnahmen eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit aufweisen, sind es in den sensiblen Gebieten gemäß WRRL sieben Maßnahmen, jedoch mit unterschiedlicher Zusammensetzung. Gemeinsam überdurchschnittlich hohe Treffgenauigkeiten haben die Maßnahmen f2-A3, f2-A5, f2-A6, f2-A7, f2-C, f4-c und f4-d.

Die Maßnahme Zwischenfruchtanbau (f2-A7) hat als einzige durchweg überdurchschnittliche Einschätzung erfahren. Sie hat sehr positive [++] Wirkung, deutlich überdurchschnittliche Treffgenauigkeit bei hohen Flächenanteilen in den sensiblen Gebieten und zählt zu den kostengünstigsten Maßnahmen. Da jedoch das Treffgenauigkeitsniveau insgesamt vergleichsweise niedrig ist, könnten die Maßnahmen hinsichtlich ihres räumlich zielgerichteten Einsatzes optimiert werden. Ansonsten zählt sie mit zu den zu favorisierenden Maßnahmen im bestehenden Spektrum.

Als weitere flächenstarke Maßnahme mit z. T. noch besseren Einzeleinschätzungen ist die umweltfreundliche Gülleausbringung (f2-A3) zu nennen. Sie hat jedoch nur eine einfach positive [+] Wirkungseinschätzung, die überwiegend durch indirekte Effekte begründbar ist (bessere Berücksichtigung der Nährstoffe in der Gesamtbilanz des Betriebs). Sie erweist sich zwar als kostengünstig und flächenstark, kann vor dem Hintergrund eingeschränkter Wirksamkeit aber nur begleitend zum Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen empfohlen werden.

Tabelle 43: Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte auf nitrat Auswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 26,5 %]	Flächenanteile [>= 5,26 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 82 EUR/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 1,09]
1	● f2-A1	● f4-d	f2-A2	● f2-A3	● f2-A3
2	f2-A5	f2-A6	● f2-A3	● f4-d	● f4-d
3	● f2-A7	● f4-b	● f2-C	● f2-A7	● f2-A7
4	● f2-C	f3-e	● f2-B	f3-d	● f4-e
5	f2-D	● f4-e	● f2-A7	● f2-C	
6	f3-e	● f4-c		● f4-e	
7	● f4-a	● f4-a		● f2-B	
8	● f4-b	● f2-C		● f4-c	
9	● f4-c	● f2-A7		f2-A2	
10	● f4-d	● f2-A3		● f2-A1	
11	● f4-e	f2-A5		● f4-a	
12		f2-A2			

- Maßnahmen mit Wasserschutzziel.

Es wurden Maßnahmen aufgeführt, die bei den Einzelergebnissen über dem Durchschnitt aller Maßnahmen liegen.

Bei dem Kriterium Wirkung wurden nur Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung gelistet.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Tabelle 44: Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte in sensiblen Gebieten gemäß WRRL

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 66,2 %]	Flächenanteile [>= 5,26 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 82 EUR/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 1,03]
1	● f2-A1	● f4-d	● f2-A3	● f2-A3	● f2-A3
2	f2-A5	f2-A6	f2-A2	● f4-d	● f2-A7
3	● f2-A7	● f2-A7	● f2-C	● f2-A7	● f4-d
4	● f2-C	● f2-A3	● f2-B	f3-d	
5	f2-D	f3-c	● f2-A7	● f2-C	
6	f3-e	● f2-C		● f4-e	
7	● f4-a	f2-A5		● f2-B	
8	● f4-b			● f4-c	
9	● f4-c			f2-A2	
10	● f4-d			● f2-A1	
11	● f4-e			● f4-a	

- Maßnahmen mit Wasserschutzziel.

Es wurden Maßnahmen aufgeführt, die bei den Einzelergebnissen über dem Durchschnitt aller Maßnahmen liegen.

Bei dem Kriterium Wirkung wurden nur Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung gelistet.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Eine lokale aber umso bedeutendere Rolle im Grund- oder besser im Trinkwasserschutz spielen die f4-Maßnahmen. Die Maßnahmen Ökolandbau von Teilbetrieben und betriebsbezogener Ökolandbau erreichen gute Kosten-Wirksamkeitsrelationen, die Maßnahme Flächenstilllegung liegt sehr knapp unter dem Durchschnittswert. Alle haben mit eine der besten Treffgenauigkeiten bei vergleichsweise günstigen Beihilfesätzen, erreichen aus Landessicht aber keine großen Flächenanteile. Sie spielen daher in den Wasservorranggebieten eine gewichtige Rolle, jedoch nicht in einem landesweiten Konzept zur Reduzierung der Nitratfrachten in Grund- und Oberflächengewässern.

Die MDM-Verfahren und die Grünlandextensivierung fallen auch in die Rubrik der Maßnahmen mit nur einfach positiver [+] Wirkungseinschätzung. Sie haben zwar eine unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitseinschätzung, zählen aber zu den besonders flächenstarken Maßnahmen in den sensiblen Gebieten. Durch eine gezielte Verbesserung der Treffgenauigkeit der Maßnahmen, könnten sie eine wichtige Rolle im flächendeckenden Grundwasserschutz spielen.

Vergleich mit Ergebnissen des LAWA-Projekts²⁵

Im LAWA-Projekt wurde ebenfalls eine Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung durchgeführt, die allerdings ausschließlich auf den Parametern Entgelt/Prämie und realisierbare Nitratreduzierung (entweder als N-Saldo oder bei den Herbst-Nmin-Werten) beruht. Auf Basis der benannten Entgelte und der Minderungspotenziale wurde die Kostenwirksamkeit als Maximal- und Minimalspanne sowie als Mittelwert berechnet (Osterburg und Runge, 2007). Ein kleinerer Teil der im LAWA-Projekt berücksichtigten Maßnahmen lassen sich mit den niedersächsischen AUM vergleichen. Nachfolgend wird das Ranking dieser Maßnahme wiedergegeben (Tabelle 45). Die Wirkungsbewertung erfolgte im LAWA-Projekt wesentlich differenzierter, für unterschiedliche Betriebs-, Standort- und Nutzungstypen, sodass kein direkter Vergleich mit den hier vorliegenden Wirkungseinschätzungen möglich ist. Auf ihre Darstellung wird daher hier verzichtet, gleichwohl müssen sie wesentliches Interpretationselement einer vollständigen Kosten-Wirksamkeitseinschätzung sein. Die nachfolgende Listung dient daher vor allem der Verifizierung der relativen Vorzüglichkeitseinschätzung der Maßnahmen.

Es zeigt sich, dass das Ranking der Maßnahmen in dieser Studie (Ökoeffizienz) durch die Ergebnisse des LAWA-Projekts weitgehend bestätigt wird. So nehmen die umweltfreundliche Gülleausbringung (f2-A3) und der Zwischenfruchtanbau/ Untersaaten (f2-A7) in beiden Untersuchungen die Spitzenpositionen ein. Der Ökolandbau schneidet in dieser Studie ebenfalls überdurchschnittlich gut ab, erreicht im LAWA-Projekt aber nur bei der Redu-

²⁵ „Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“, finanziert von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Osterburg und Runge, 2007).

zierung des N-Saldos gute Werte. Die Mulch-, Mulchpflanz- und Direktsaatverfahren (f2-A2) nehmen in beiden Studien mittlere Positionen ein. Die Grünlandextensivierung (f2-B) schneidet im LAWA-Projekt je nach Zielvariable (N-Saldo bzw. Herbst-Nmin) sehr unterschiedlich ab und nimmt in der Ökoeffizienz-Studie eine mittlere Position ein. Ebenfalls eher mittlere bis nachrangige Positionen nimmt die Grundwasserschutzmaßnahme Umwandlung von Acker- in Grünland (f4-b) ein.

Vorbehaltlich der eingeschränkten Vergleichbarkeit der beiden Studien, lassen sich ähnliche Tendenzen der Kosten-Wirksamkeitseinschätzungen der Maßnahmen mit Wirkung gegen Nitrat auswaschung erkennen.

Tabelle 45: Ranking der Kostenwirksamkeit von Maßnahmen des LAWA-Projektes, denen niedersächsische AUM zugeordnet werden können

Mittlere Kostenwirksamkeit					
Reduzierung des N-Saldo			Reduzierung von Herbst-Nmin-Werten		
Maßnahme des LAWA-Projekts	[EUR/kg N]	vergleichbare AUM des PROLAND	Maßnahme des LAWA-Projekts	[EUR/kg N]	vergleichbare AUM des PROLAND
M32	1,7	f2-A3	M1	1,8	f2-A7
M45	2,8	f2-C	M3	2	f2-A7
M21	3,3	f2-B	M2	2,3	f2-A7
M1	3,5	f2-A7	M32	2,5	f2-A3
M18	4	f2-A2	M4	2,5	f2-A7
M2	4,5	f2-A7	M20	2,5	f2-A2
M4	5	f2-A7	M11	3	f2-A7
M20	5	f2-A2	M13	3,3	f2-A7
M11, M12	7,5	f2-A7	M12	3,8	f2-A7
M39	8	f4-b	M18	4	f2-A2
M13	10	f2-A7	M5	4	f2-A7
M10	15	f2-A7	M45	5,7	f2-C
M17	16	f2-A2	M10	7,5	f2-A7
			M39	8	f4-b
			M17	8	f2-A2
			M16	8	f2-A7
			M21	10	f2-B

Quelle: LAWA-Projekt (Osterburg und Runge, 2007).

Zusammenfassende Betrachtung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung zwar absolut betrachtet mit 26,5 bzw. 66,2 % z. T. eine gute Treffgenauigkeit aufweisen, diese vor dem Hintergrund der Flächenanteile sensibler Gebiete an der LF von 31 % (nach FZJ) bzw. 72 % (nach WRRL) aber deutlich unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung liegen,
- die Maßnahmen mit Grundwasserschutzzielen die beste Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen und überwiegend vergleichsweise überdurchschnittliche Treffgenauigkeiten erzielen,
- der geförderte Flächenumfang ackerbaulicher Maßnahmen in beiden Fällen bei weitem nicht ausreicht, um die sensiblen Gebiete abzudecken,
- die Maßnahme Zwischenfruchtanbau (f2-A7) unter Gesichtspunkten der ‚Ökoeffizienz‘ noch am ehesten für einen flächendeckenden, unspezifischen Grundwasserschutz empfohlen werden kann,
- die umweltfreundliche Gülleausbringung (f2-A3) dann eine gute Wirksamkeit erzielen kann, wenn die ausgebrachten organischen Nährstoffe vollständig in die Düngeplanung eingerechnet werden; dann kommt ihr auch eine sehr gute Ökoeffizienz zu,
- die Maßnahmen des Grundwasserschutzes (f4) mit Förderkulissen gute Treffgenauigkeiten entfalten und z. T. auch ein überdurchschnittliches Kosten-Wirksamkeitsverhältnis aufweisen, aufgrund ihrer spezifischen Ausrichtung und auch ihres geringen Förderflächenumfangs zwar für den Trinkwasserschutz in Wasservorranggebieten geeignet scheinen, allerdings nicht für einen landesweiten Schutz des Grundwassers vor diffusen Stoffeinträgen prädestiniert sind.

3.3 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Oberflächenwasser

3.3.1 Problemlage in Niedersachsen

Zielsetzung des Entwicklungsplans

Als relevante Zielaussage im EPLR zum Schutz der Gewässerqualität kann auf die Zielsetzungen zum Grundwasserschutz verwiesen werden.

Der Schutz der Grund- und Oberflächengewässer vor stofflichen Beeinträchtigungen ist im Entwicklungsplan als allgemeines Ziel für NAU-Maßnahmen und als spezifisches Ziel für die Trinkwasserschutzmaßnahmen deklariert worden. Mit Einführung der Modulations-

maßnahmen sind weitere Ziele für den Oberflächenwasserschutz verknüpft. Im Einzelnen sind zu nennen:

- für die umweltfreundliche Gülleausbringung: Mineralische Düngemittel einsparen und Nährstoffauswaschungen verringern, effizienter und sparsamer Einsatz flüssiger Wirtschaftsdünger,
- für den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten: Schutz vor Erosion und Nährstoffaustrag,
- für Blüh- und Schonstreifen: Schaffung von Pufferstreifen zu Gewässern und Saumbiotopen.

Eintragsursachen

Zur Diskussion der Eintragsursachen von Dünge- und Pflanzenschutzmittel sei auf die grundsätzlichen Erörterungen in Kapitel 2.2.2.2 verwiesen.

Für Niedersachsen wurden u. a. Pflanzenschutzmitteleinträge durch oberflächliche Abschwemmung in Oberflächengewässer untersucht (Bach et al., 2000). Die modellhaft ermittelten Ergebnisse zeigen hoch eingestufte Gefährdungsbereiche für Stoffeinträge durch Abschwemmung im Bereich des Alten Landes und des Lössbördegürtels. In beiden Gebieten wurde auch eine hohe Drändichte festgestellt (im Lössbördebereich sind bis zu 60 % der Ackerflächen dräniert), sodass auch über diesen Eintragspfad eine hohe Gefährdung festgestellt wird (ebd.). In den Obstanbaugebieten des Alten Landes wird darüber hinaus eine sehr hohe Eintragsgefährdung durch Abdrift modelliert.

Feldblockflächen an Oberflächengewässern

Das niedersächsische Gewässernetz wird auf Grundlage des ATKIS-Datensatzes beschrieben und für die GIS-Analysen verwendet.

Die Auswertung mittels Distanzpuffer zeigt, dass fast 71 % der Feldblockfläche Niedersachsens an oder in unmittelbarer Nähe zu Gewässern liegt. Es wurden dabei unmittelbare Wirkdistanzen (unter Berücksichtigung verschiedener Eintragswege; vgl. Kapitel 2.2) von 125 m angenommen und auf dieser Grundlage relevante Feldblöcke ausgewählt. Mit den selektierten Feldblöcken werden 40 % der Landesfläche Niedersachsens abgedeckt. Der Tabelle 46 ist weiterhin zu entnehmen, dass durch den 125 m-Buffer direkt nur 33,6 % der LF ‚belegt‘ wird. Methodisch bedingt können jedoch nicht nur Teilflächen eines Feldblocks berücksichtigt werden, sodass sich die als sensibel zu betrachtende Feldblockfläche auf 70,9 % der LF summiert. Dadurch werden die Aussagen zur Treffgenauigkeit von Maßnahmen deutlich überschätzt. Andererseits verdeutlicht bereits der Wert von 33,6 % in unmittelbarer Gewässernähe, die hohe Relevanz dieses Themas für das Land.

Tabelle 46: Flächenumfang der Feldblöcke in Gewässernähe

	Fläche [ha]	Anteile an der LF ¹⁾ [%]	Anteile an der Landesfläche [%]
Feldblockfläche innerhalb des 125 m-Puffers	902.140	33,6	18,9
Gesamte Fläche der Feldblöcke, die durch den 125 m-Puffer berührt werden	1.903.001	70,9	40,0

1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Auswertung.

Eine besondere Bedeutung kommt den Maßnahmen auf Ackerflächen in Gewässernähe zu, da von ihnen häufig die höchsten Belastungen für Gewässer im Vergleich zu anderen Nutzungstypen ausgehen. Die selektierten Ackerflächen umfassen 1,28 Mio. Hektar, das entspricht fast der Hälfte der LF. Über zwei Drittel der Nutzungen an Oberflächengewässern sind Ackerflächen. Der Grünlandnutzung kommt insbesondere im Hinblick auf die Erhaltung bestehender Gewässerschutzfunktionen eine sehr wichtige Bedeutung zu. Sie hat entlang der Gewässer einen Anteil von 21 % der LF und einem knappen Drittel der Nutzungstypen.

Tabelle 47: Landnutzungstypen auf Feldblöcken in Gewässernähe

Grünland		Ackerland		Dauerkulturen		Wald ¹⁾		Gesamt	
[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]
557.140	20,8	1.285.628	47,9	3.794	0,1	296	0,0	1.846.858	68,8

1) Es handelt sich ausschließlich um den im FNN als förderrelevant erfassten Wald, i. d. R. Erstaufforstung.

Die Fläche der Nutzungstypen wurde dem FNN entnommen, die LF entspricht der digitalisierten Feldblockfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von FNN, InVeKoS-GIS und ATKIS-Gewässernetz.

3.3.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen

Der Ressourcenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen wird aus den Ergebnissen der Aktualisierung der Halbzeitbewertung übernommen (vgl. Kap. 2.2.2.2). Die nachfolgende Tabelle 48 gibt eine Übersicht über die Ressourcenschutzbeiträge (Wirkungen) der Maßnahmen zum Oberflächenwasserschutz.

Eine Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung muss die Zielsetzungen der Maßnahmen berücksichtigen. Die Problematik nicht vorhandener oder unscharfer Zielformulierungen wurde ausführlich im Kapitel 2.2 thematisiert. In der Tabelle sind die Maßnahmen mit Wasser-schutzziele mit einem Punkt markiert. Von den 21 (Teil-)Maßnahmen haben 13 ein Res-

sourcen- oder Wasserschutzziel und 18 Maßnahmen eine positive Wasserschutzwirkung. Die Maßnahmen ohne Wasserschutzwirkung werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Sie umfassen nur drei der 21 (Teil-)Maßnahmen.

Einige der Maßnahmen formulieren explizite Ziele für den Schutz von Oberflächengewässern. Dazu zählen der PSM-Verzicht im Obstbau, die Blüh- und Schonstreifen, die Grünlandextensivierung, der Ökolandbau und die Langjährige Stilllegung.

Tabelle 48: Oberflächenwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen

Maßnahme	Code	Maßnahmen, die zum Schutz vor Stoffeinträgen in Oberflächengewässer beitragen	
		Ziel	Wirkung
Tiergenetik	f1	—	0
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	●	++
MDM-Verfahren	f2-A2	—	+
Gülleausbringung	f2-A3	●	+
Blühflächen	f2-A4	—	0
Blühstreifen	f2-A5	●	++
Schonstreifen	f2-A6	●	+
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	●	++
Grünlandextensivierung	f2-B	●	+
Ökolandbau	f2-C	●	++A, +G
Langj. Stilllegung	f2-D	●	++
Koop Biotoppflege	f3-a	—	0
Koop Feuchtgrünland	f3-b	—	+
Koop Dauergrünland	f3-c	—	+
Koop Gastvögel	f3-d	—	+
Koop Ackerrandstreifen	f3-e	—	++
GW Grünlandextensivierung	f4-a	●	++
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	●	++
GW Stilllegung	f4-c	●	++
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	●	++
GW Ökolandbau	f4-e	●	++

Ziele:

- Ziele für das Schutzgut angegeben
- keine Ziele für das Schutzgut angegeben

Wirkungen:

- 0 keine oder neutrale Wirkung
- + positive Wirkung
- ++ sehr positive Wirkung
- A auf Ackerland
- G auf Grünland

Quelle: Eigene Darstellung.

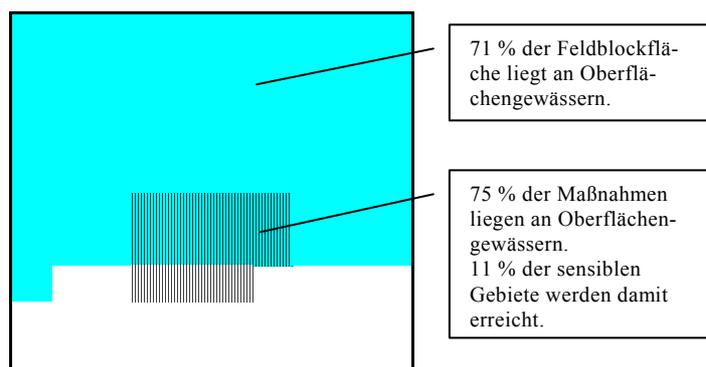
3.3.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen

Die Wirksamkeit oder Effektivität der Maßnahmen ergibt sich einerseits aus ihrem Wirkungsbeitrag, andererseits aus ihrer Treffgenauigkeit. Beide Aspekte werden daher hier in einem Kapitel gemeinsam betrachtet (Tabelle 49 und Abbildung 11).

Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen

Die Abbildung vermittelt einen Schnellüberblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung: 71 % der Feldblockfläche Niedersachsens sind als sensible Gebiete im Hinblick auf ihren Schutzbeitrag für Oberflächengewässer einzuschätzen. Sie liegen an oder in unmittelbarer Nähe zu Oberflächengewässern. Von den knapp 285.000 ha Maßnahmenfläche mit Oberflächenwasserschutzwirkung liegen 75 % innerhalb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau zu bewerten²⁶. Sie decken damit 11 % der sensiblen, oberflächenwassernahen Feldblöcke ab.

Abbildung 11: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit an Oberflächengewässern



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Tabelle 49 ermöglicht eine differenziertere Darstellung unter Berücksichtigung der Wirkung. Dargestellt sind einerseits die absolute Maßnahmenfläche in Hektar, die innerhalb sensibler Gebiete gefördert wird, andererseits der Anteil der Maßnahmenfläche, der innerhalb oberflächenwassernaher Gebiete liegt in Prozent. Maßnahmen, für die ein Wasserschutzziel vorgegeben ist, sind durch einen Punkt markiert.

Keine der Maßnahmen weist eine Gebietskulisse auf, die im Hinblick auf den Oberflächenwasserschutz ausgewiesen wurde. Allerdings besteht bei der Anlage von Blüh- und Schonstreifen die Option, sie gezielt für den Gewässerschutz einzusetzen, wobei die Anlage von Schonstreifen nur im Landkreis Wolfenbüttel angeboten wurde.

²⁶ Die Treffgenauigkeit liegt damit leicht über der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

Die Treffgenauigkeit aller Maßnahmen liegt im Schnitt bei 75 % und damit nur vier Prozentpunkte über der statistisch zu erwartenden Größenordnung. Die Gesamttreffgenauigkeit ist damit als gering zu bewerten. Mit besonders positiver Treffgenauigkeit fallen eher die kleineren, flächenschwächeren Maßnahmen auf; darunter sind überwiegend Maßnahmen mit Wasserschutzzielen (Ausnahme Kooperationsprogramm Dauergrünland).

Die sechs flächenstärksten Maßnahmen nehmen zusammen zwar 88 % der Trefferfläche ein, ihre Treffgenauigkeit ist mit 75 % jedoch nur durchschnittlich.

Die Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++] umfassen nur knapp 17 % der Trefferflächen und haben mit 61 % eine unterdurchschnittlich gute Treffgenauigkeit. Ausschlaggebend für die schlechtere Treffgenauigkeit sind die flächenstarken Maßnahmen Ökolandbau und Zwischenfruchtanbau mit ihren unterdurchschnittlichen Bewertungen.

Tabelle 49: Wirksamkeit der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Trefferfläche ¹⁾ [ha]	Nicht-Trefferfläche ²⁾ [ha]	Treffgenauigkeit ³⁾ [%]
mit ++ Wirkung						
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	++	23	0	100
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	++	45	4	91
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D	•	++	79	12	87
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	++	1.170	493	70
Blühstreifen	f2-A5	•	++	2.436	1.116	69
GW Ökolandbau	f4-e	•	++	1.985	1.023	66
Ökolandbau Acker	f2-C	•	++	16.975	9.603	64
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	++	671	439	60
GW Stilllegung	f4-c	•	++	2.548	1.885	57
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	++	8.874	6.809	57
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		++	458	692	40
Summe/Durchschnitt				35.265	22.077	61
mit + Wirkung						
Schonstreifen	f2-A6	•	+	25	0	99
Koop Dauergrünland	f3-c		+	5.266	500	91
Gülleausbringung	f2-A3	•	+	48.086	10.365	82
Grünlandextensivierung	f2-B	•	+	42.516	11.303	79
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	+	21.958	6.168	78
Koop Feuchtgrünland	f3-b		+	5.085	1.558	77
Koop Gastvögel	f3-d		+	6.459	2.165	75
MDM-Verfahren	f2-A2		+	47.468	18.371	72
Summe/Durchschnitt				176.864	50.429	78
Summe/Durchschnitt gesamt				212.129	72.506	75

1) Maßnahmen an Oberflächengewässern.

2) Maßnahmen nicht an Oberflächengewässern.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Maßnahmen mit einfach positiver Wirkung [+] umfassen hingegen den weit überwiegenden Teil der Trefferflächen und haben mit 78 % eine leicht überdurchschnittliche Treffgenauigkeit. Hier sind insbesondere die flächenstarken Maßnahmen Gülleausbringung, Grünlandextensivierung und Ökolandbau (auf Grünland) zu nennen. Die MDM-Verfahren als weitere flächenrelevante Maßnahme, haben hingegen eine leicht unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit von 72 %.

Die Maßnahme Schonstreifen (f2-A6) setzt eine Beratung durch Naturschutz oder Wasserwirtschaft voraus. Sie erfolgt daher zielgerichtet. Durch ihre Lage an Schlaggrenzen ist sie darüber hinaus für den Gewässerschutz (Gräben, Fließgewässer, Stillgewässer) prädestiniert, was sich auch in einer fast 100-prozentigen Treffgenauigkeit widerspiegelt.

Insgesamt sind hohe Treffgenauigkeiten unabhängig von den Wirkungsgraden zu verzeichnen, was natürlich auch auf den methodisch bedingt großen Flächenumfang der sensiblen Gebiete zurückzuführen ist. Die höchsten Treffgenauigkeiten verteilen sich auf die flächenschwachen Maßnahmen. Insgesamt kommt den AUM jedoch eine hohe Bedeutung zum Schutz der Oberflächengewässer zu.

Die Maßnahmen, die auf oberflächenwassernahen **Ackerflächen**²⁷ durchgeführt werden umfassen mit 79.456 ha rd. 38 % der Trefferflächen, haben aber nur eine unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit von 67 %. Sie haben mit zwei Ausnahmen (Schonstreifen und MDM-Verfahren) einen sehr positiven [++] Wirkungsbeitrag. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen in sensiblen Ackerbaugebieten liegt mit 67 % genau in der Größenordnung des Ackerflächenanteils in den sensiblen Gebieten und liegt damit lediglich innerhalb der statistisch wahrscheinlichen Größe. Vor diesem Hintergrund muss den Maßnahmen auf Ackerland im Hinblick auf ihre Oberflächenwasserschutzwirkung (Reduzierung von Stoffeinträgen)

- erstens eine ungenügende Flächendeckung bescheinigt werden (potenziell könnten ca. 118.370 ha Maßnahmen für den Oberflächenwasserschutz auf Ackerflächen wirksam werden, es sind jedoch 556.715 ha Ackerfläche²⁸ als sensible Gebiete einzustufen; das entspricht einem maximalen theoretischen Deckungsgrad von 21 %);
- zweitens eine ungenügende Treffgenauigkeit bescheinigt werden (die Treffgenauigkeit der Ackermaßnahmen liegt mit 67 % unter dem Durchschnitt aller Maßnahmen);

²⁷ Es werden nur eindeutig zurechenbare Maßnahmen angerechnet: f2-A2, f2-A5, f2-A6, f2-A7, f2-C (auf Acker), f3-e, f4-b, f4-c.

²⁸ Wenn zuvor methodisch bedingt die Treffgenauigkeit der Maßnahmen überschätzt wurde, wird hier ebenso die potenzielle Zielfläche überschätzt.

- drittens angelastet werden, dass nicht in ausreichendem Umfang Förderkulissen für den Oberflächenwasserschutz vorgesehen wurden.

Flächenanteile der Maßnahmen in sensiblen Gebieten

Die Aussagen zur Treffgenauigkeit werden durch die Berechnung der Flächenanteile²⁹ der Maßnahmen in den sensiblen Gebieten an Oberflächengewässern ergänzt. Aus der Darstellung der Flächenanteile in den sensiblen Gebieten lässt sich der Beitrag einzelner Maßnahmen aus dem Gesamtmix der Oberflächenwasserschutz wirksamen Maßnahmen ablesen.

Fünf (Teil-)Maßnahmen haben überdurchschnittliche Flächenanteile, darunter vier mit einem Wasserschutzziel. Dazu zählen die flächenstarken MSL- und Modulationsmaßnahmen, mit Ausnahme des Zwischenfruchtanbaus, der unterdurchschnittliche Flächenanteile in den sensiblen Gebieten aufweist. Die meisten anderen Maßnahmen tragen nur in sehr untergeordnetem Flächenumfang zum Gewässerschutz bei, darunter auch viele mit entsprechenden Schutzzielen. Unter der Maßgabe, möglichst großflächig Oberflächengewässer vor unerwünschten Stoffeinträgen zu schützen, wären demnach die Maßnahmen f2-A3, f2-A2, f2-B und f2-C zu präferieren. Der Ökolandbau nimmt mit Acker- und Grünlandflächen zusammen über 18 % Flächenanteile ein und ist damit im Ranking die viertgrößte Maßnahme in den sensiblen Gebieten.

²⁹ Flächenanteile der Maßnahmen werden folgendermaßen berechnet: [Fläche der Einzelmaßnahme im erosionsgefährdeten Gebiet] / [Fläche aller Maßnahmen im erosionsgefährdeten Gebiet] * [100].

Tabelle 50: Flächenanteile der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung auf Feldblöcken in Gewässernähe

Maßnahme	Code	Ziel	Flächenanteile auf Feldblöcken an Oberflächengewässern [%]
Gülleausbringung	f2-A3	•	22,67
MDM-Verfahren	f2-A2		22,38
Grünlandextensivierung	f2-B	•	20,04
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	10,35
Ökolandbau Acker	f2-C	•	8,00
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	4,18
Koop Gastvögel	f3-d		3,05
Koop Dauergrünland	f3-c		2,48
Koop Feuchtgrünland	f3-b		2,40
GW Stilllegung	f4-c	•	1,20
Blühstreifen	f2-A5	•	1,15
GW Ökolandbau	f4-e	•	0,94
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	0,55
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	0,32
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		0,22
Langj. Stilllegung	f2-D	•	0,04
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	0,02
Schonstreifen	f2-A6	•	0,01
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,01
Durchschnitt			5,26

Quelle: Eigene Darstellung.

3.3.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen

Das Kosten-Wirksamkeitsverhältnis lässt sich über die Wirksamkeit (Kapitel 3.3.3) und die Input-Outputrelation einer Maßnahme beschreiben.

Input-Outputrelation der Maßnahmen

Wie bereits im Kapitel 2.2 dargelegt wird bei der Input-Outputrelation die Multifunktionalität der Maßnahmen als Korrekturfaktor berücksichtigt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Multifunktionalität der Maßnahmen und die Beihilfesätze ohne und mit Berücksichtigung des Korrekturfaktors.

Tabelle 51: Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung bei Schutzgut ...				Beihilfesatz	
			Boden	Luft	Biodiversität	Land-schaft	Durchschnitt [EUR/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [EUR/ha]
Gülleausbringung	f2-A3	•	x	x			15	8
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	x	x	x	x	133	33
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	x		x		70	35
Koop Gastvögel	f3-d		x		x	x	117	39
Ökolandbau	f2-C	•	x	x	x	x	158	39
GW Ökolandbau	f4-e	•	x		x	x	133	44
Grünlandextensivierung	f2-B	•	x			x	103	52
GW Stilllegung	f4-c	•	x		x	x	159	53
MDM-Verfahren	f2-A2		x				72	72
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	x		x		145	73
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	x		x	x	247	82
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D		x		x	x	257	86
Koop Dauergrünland	f3-c		x		x	x	258	86
Koop Feuchtgrünland	f3-b		x		x	x	274	91
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	x		x	x	445	148
Schonstreifen	f2-A6		x		x	x	500	167
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		x		x	x	510	170
Blühstreifen	f2-A5	•	x		x	x	600	200
Anzahl/Durchschnitt			18	3	15	14	233	82

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Der Vergleich von ‚durchschnittlichem Beihilfesatz‘ und ‚Beihilfesatz unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors‘ zeigt einerseits veränderte Input-Outputrelationen in EUR/ha, die sich durch die Höhe des Beihilfesatzes und die Größe des Korrekturfaktors ergeben. Je mehr unterschiedliche Schutzgutwirkungen eine Maßnahme hat, desto günstiger wird ihr Input-Outputverhältnis.

Die Tabelle zeigt ein identisches Bild wie die Auswertung zu den Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung. Daher sei an dieser Stelle auf die dortigen Ausführungen verwiesen (Kapitel 3.2.4). Festzuhalten ist, dass sich das Ranking der Maßnahmen unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors deutlich verschiebt. Die Berücksichtigung der Multifunktionalität hat somit Auswirkungen auf die Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung.

Kosten-Wirksamkeitsrelation

Die Kosten-Wirksamkeitsrelation stellt das Verhältnis der durch die Maßnahmen erreichten sensiblen Flächen und der dafür aufgewendeten Finanzmittel dar (vgl. Kapitel 2.2). In der Tabelle sind die Kosten-Wirksamkeitsrelation als dimensionsloser Quotient und das daraus resultierende Ranking der Maßnahmen dargestellt. Die Ergebnisse sind jedoch aus-

schließlich unter Hinzuziehung der Wirkungseinschätzung zu interpretieren (letzte Spalte der Tabelle).

Tabelle 52: Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation ¹⁾	Ranking	Wirkung [+, ++]
Gülleausbringung	f2-A3	•	6,94	1	+
GW Teil-Ökolandbau	f4-d	•	1,49	2	++
Koop Gastvögel	f3-d		1,12	3	+
Zwischenfruchtanbau	f2-A7	•	1,05	4	++
Grünlandextensivierung	f2-B	•	1,00	5	+
Ökolandbau Grünland	f2-C	•	0,96	6	+
PSM-Verzicht Obst	f2-A1	•	0,90	7	++
MDM-Verfahren	f2-A2		0,87	8	+
GW Ökolandbau	f4-e	•	0,86	9	++
Ökolandbau Acker	f2-C	•	0,69	10	++
GW Stilllegung	f4-c	•	0,63	11	++
Koop Dauergrünland	f3-c		0,61	12	+
Langj. Stilllegung m.H.	f2-D	•	0,59	13	++
GW Grünlandextensivierung	f4-a	•	0,50	14	++
Koop Feuchtgrünland	f3-b		0,48	15	+
Schonstreifen	f2-A6	•	0,34	16	+
GW Umwandlung Acker-Grünland	f4-b	•	0,24	17	++
Blühstreifen	f2-A5	•	0,20	18	++
Koop Ackerrandstreifen	f3-e		0,14	19	++
Durchschnitt	alle Maßnahmen		1,03		
	++ Maßnahmen		0,66		
	+ Maßnahmen		1,54		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Es wird deutlich, dass vier der 19 (Teil-) Maßnahmen ein überdurchschnittlich gutes Kosten-Wirksamkeitsverhältnis aufweisen, bis auf eine (f3-d) alle davon mit Wasserschutzzielen. Der Gesamtdurchschnitt von 1,03 ist allerdings wesentlich auf das herausragend gute Kosten-Wirksamkeitsverhältnis der Maßnahme f2-A3 zurückzuführen. Ohne diese Maßnahme läge der Schnitt bei 0,69, was das Spektrum der überdurchschnittlich bewerteten Maßnahmen um weitere flächenstarke Maßnahmen ergänzen würde (f2-B, f2.-C, f2-A1, f2-A2).

Auch der hohe Schnitt der Kosten-Wirksamkeitsrelation in der Gruppe der Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung ist ausschließlich auf das herausragende Abschneiden der Maßnahme f2-A3 zurückzuführen. Von dieser Maßnahme abgesehen, schwanken die

Ergebnisse lediglich zwischen 0,14 und 1,49, sodass wirkliche Präferenzen auch insbesondere bei den Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung schwer zu interpretieren sind.

Überdurchschnittlich gut scheiden in der Gruppe der sehr positiv [++] bewerteten Maßnahmen der Teil-Ökolandbau im Grundwasserschutz und der Zwischenfruchtanbau ab.

Auffällig schlechte Kosten-Wirksamkeitsrelationen haben in der Gruppe der Maßnahmen mit explizitem Oberflächenwasserschutzziel die Blüh- und die Schonstreifen. Hierbei spielen ihre geringen Flächenanteile im Gesamtmaßnahmenmix eine entscheidende Rolle; aber auch ihre vergleichsweise höheren Kosten.

Diese Aussagen sollen durch eine Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabelle 53) weiter eingeordnet werden. Aufgrund der Vielzahl von Maßnahmen mit nicht hinreichend konkret gehaltenen abiotischen Ressourcenschutzzielen fällt die Interpretation nicht leicht.

Die Maßnahme umweltverträgliche Gülleausbringung (f2-A3) hat nicht nur mit Abstand die günstigste Kosten-Wirksamkeitsrelation, sondern sie schneidet auch hinsichtlich ihrer Kosten und Flächenanteile in sensiblen Gebieten sehr gut ab und hat eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit. Die Maßnahme hat ein Wasserschutzziel, aber kein explizites Ziel zum Schutz der Oberflächengewässer. Ihre Schutzwirkung ist in diesem Bereich auch eher als nur schwach positiv einzuschätzen. Summa summarum kann die Maßnahme nicht vorbehaltlos für einen flächendeckenden, gut wirksamen Oberflächenwasserschutz empfohlen werden.

Für den Teil-Ökolandbau aus dem Spektrum der Grundwasserschutzmaßnahmen (f4-d) lassen sich keine Empfehlungen zum Oberflächenwasserschutz ableiten. Die Maßnahme wird innerhalb ihrer Kulisse zielgerichtet und effektiv eingesetzt; sie hat auch in dieser Auswertung eine gute Ökoeffizienz, aber sie kann aufgrund der Rahmenbedingungen nur kleine Flächenanteile der sensiblen Gebiete erreichen. Sie ist allerdings auch nicht für einen flächendeckenden Einsatz konzipiert.

Die Maßnahme Nordische Gastvögel (f3-d) des Vertragsnaturschutzes ist ein klassisches Beispiel für eine Maßnahme mit positiven Nebenwirkungen im Gewässerschutz ohne dort ein Ziel zu formulieren. Vor diesem Hintergrund sollen hier auch keine weiteren Empfehlungen zu ihren Gewässerschutzwirkungen ausgesprochen werden. Aufgrund der Lage ihrer Zielkulisse bietet sich aber auch in Zukunft die (gezielte) Berücksichtigung von Synergieeffekten bei der Maßnahmenausgestaltung an.

Tabelle 53: Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 74,5 %]	Flächenanteile [>= 5,26 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 82 EUR/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 1,03]
1	● f2-A1	● f2-A1	● f2-A3	● f2-A3	● f2-A3
2	● f2-A5	● f2-A6	f2-A2	● f4-d	● f4-d
3	● f2-A7	f3-c	● f2-B	● f2-A7	f3-d
4	● f2-C	● f4-d	● f2-C	f3-d	● f2-A7
5	● f2-D	● f2-D		● f2-C	
6	f3-e	● f2-A3		● f4-e	
7	● f4-a	● f2-B		● f2-B	
8	● f4-b	● f2-C		● f4-c	
9	● f4-c	f3-b		f2-A2	
10	● f4-d	f3-d		● f2-A1	
11	● f4-e			● f4-a	

- Maßnahmen mit Wasserschutzziel.

Es wurden Maßnahmen aufgeführt, die bei den Einzelergebnissen über dem Durchschnitt aller Maßnahmen liegen.

Bei dem Kriterium Wirkung wurden nur Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung gelistet.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Als weitere flächenstarke Maßnahme schneidet der Zwischenfruchtanbau (f2-A7) mit einer guten Kosten-Wirksamkeitsrelation ab. Er erreicht allerdings nur vergleichsweise wenige sensible Flächen und seine Treffgenauigkeit ist als unterdurchschnittlich einzuschätzen. Um eine höhere Flächenwirksamkeit zu erreichen müsste die Maßnahme mit Förderkulissen im Hinblick auf den Oberflächengewässerschutz versehen werden. Nur dann kann sie ihrem Zielanspruch gerecht werden.

Die Grünlandextensivierung (f2-B) hat ein knapp unterdurchschnittliches Kosten-Wirksamkeitsverhältnis bei vergleichsweise günstiger Beihilfeshöhe, hohen Flächenanteilen in den sensiblen Gebieten und überdurchschnittlicher Treffgenauigkeit. Allerdings ist ihre Wirksamkeit nur einfach positiv [+] eingeschätzt. Sie ist als Maßnahmen zur Erhaltung vorhandener Oberflächenwasserschutzfunktionen einzustufen und kann in ihrer Multifunktionalität für diesen Zweck auch weiterhin empfohlen werden.

Zusammenfassende Betrachtung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- sich keine der Maßnahmen aus dem bestehenden Spektrum und bei bestehender Maßnahmenausgestaltung vorbehaltlos für den Schutz der Oberflächengewässer empfehlen lässt;
- die umweltverträgliche Gülleausbringung (f2-A3) zwar ein sehr gutes Kosten-Wirksamkeitsverhältnis hat, ihre Gewässerschutzwirkung aber nicht mit Sicherheit belegt werden kann;
- der Zwischenfruchtanbau prinzipiell sehr gute Gewässerschutzwirkungen entfalten kann, wenn seine Treffgenauigkeit (z. B. durch eine gezielte Lenkung) verbessert wird;
- die Grünlandextensivierung (f2-B) und z. T. auch der Ökolandbau (f2-C) gute Treffgenauigkeiten und hohe Flächenanteile in den sensiblen Gebieten haben; trotz ihrer großen Multifunktionalität erreichen sie nur leicht unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitseinschätzungen;
- die ackerbaulichen Maßnahmen insgesamt eine ungenügende Flächendeckung erreichen und auch ihre Treffgenauigkeit nur unterdurchschnittlich ist;
- das Ziel des Oberflächenwasserschutzes zwar formuliert, aber nicht stringent verfolgt wird;
- die Effizienz der Maßnahmen durch die Einführung von Förderkulissen gesteigert werden kann.

Literaturverzeichnis

- Bach, M.; Fabis, J. und Frede, H.-G. (1997): Filterwirkung von Uferstreifen für Stoffeinträge in Gewässer in unterschiedlichen Landschaftsräumen. DVWK-Mitteilungen, H. 28. Bonn.
- Bach, M.; Huber, A.; Frede, H.-G.; Mohaupt, V. und Zullei-Seibert, N. (2000): Schätzung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer Deutschlands. Berichte des Umweltbundesamtes, H. 3/00. Berlin.
- BKG, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2005): Digitales Basis-Landschaftsmodell, Basis-DLM. Stand der Dokumentation 18.01.2005; Frankfurt.
- BKG, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2006): Basis-DLM - Digitales Landschaftsmodell Deutschland. CD-Rom.
- Blume, H.-P. (1996): Handbuch der Bodenkunde. Landsberg.
- BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz Ernährung und Landwirtschaft (2001): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bonn.
- Brunotte, J. (1990): Landtechnische Maßnahmen zum bodenschonenden und bodenschützenden Zuckerrübenanbau, Dissertation. Kiel.
- Erdmann, K. H. (1998): Untersuchungen zur Bodenerosion im südlichen Nordrhein-Westfalen. MAB-Mitteilungen, H. 43. Bonn.
- Erhard, M.; Everink, C.; Julius, Ch. und Kreins, P. (2002): Bundesweite Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Agrarstatistikdaten und aktuellen Daten zur Bodennutzung. UBA-Texte, H. 71/02. Berlin.
- EU-KOM, Europäische Kommission (2000): Gemeinsame Bewertungsfragen mit Kriterien und Indikatoren - Bewertung von Programmen zur Entwicklung des ländlichen Raums, die von 2000 bis 2006 durchgeführt und durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds gefördert werden (Dokument VI/12004/00 Endg.). Brüssel.
- EU-KOM, Europäische Kommission Generaldirektion Regionalpolitik (2006): Indikatoren für Begleitung und Bewertung, Arbeitsdokument 2. In: EU-KOM, Europäische Kommission Generaldirektion Regio (Hrsg.): Der neue Programmplanungszeitraum 2007-2013: Indikative Leitlinien zu Bewertungsverfahren. S. 1-39.
- Forschungszentrum Jülich, Institut Agrosphäre (2007): Potenzielle Grundwassergefährdung durch diffuse N-Einträge. Email vom 22.01.2007.

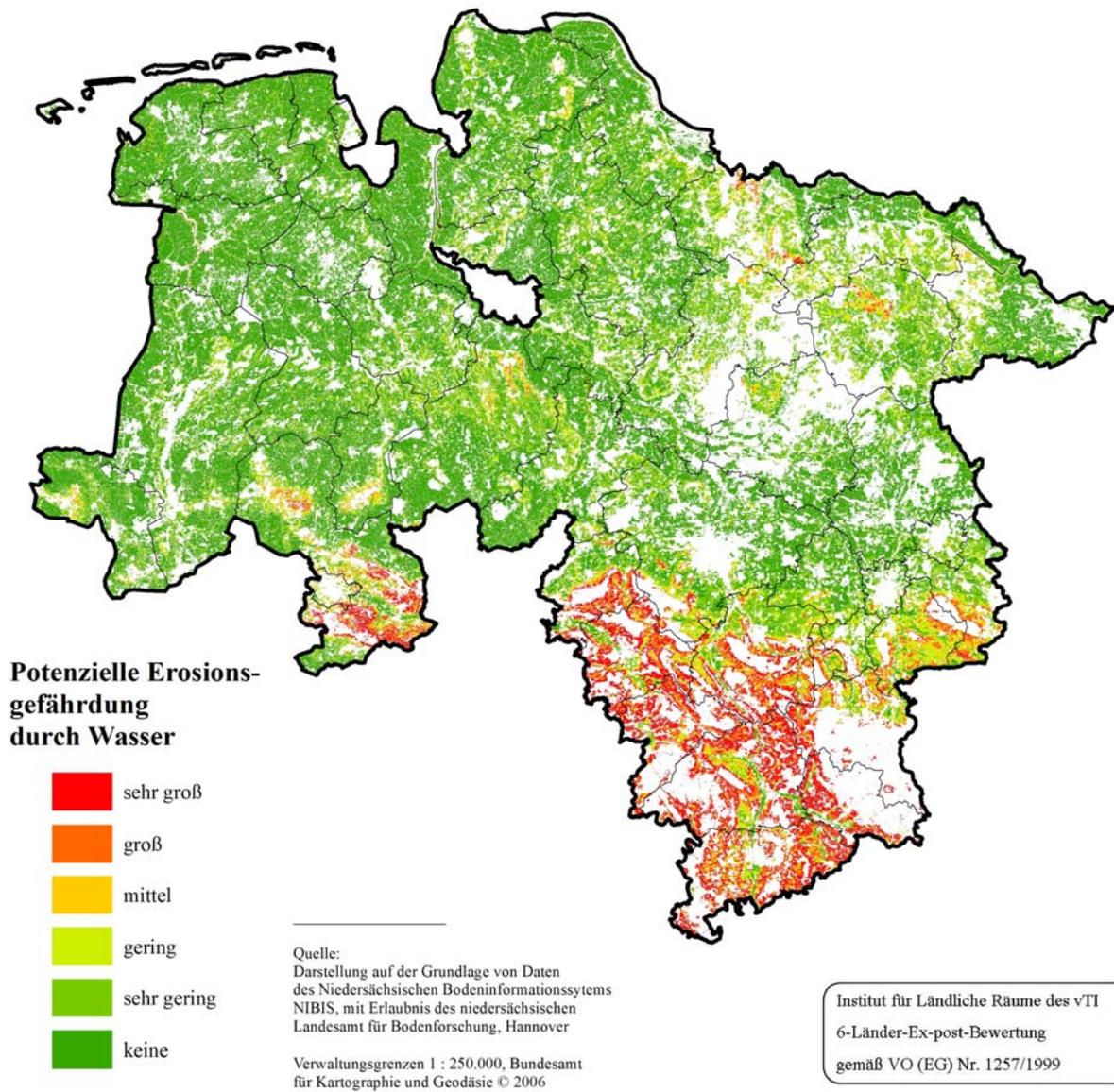
- Freiberg, S.; Rasper, M. und Sellheim, P. (1996): Abgrenzung der Auen niedersächsischer Fließgewässer auf Grundlage von Bodenübersichtskarten 1:50.000 (BÜK 50). Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Beiträge zum Fließgewässerschutz in Niedersachsen 1996, H. 5, S. 209-212.
- Frielinghaus, M.; Beese, F.; Ellerbrock, R.; Müller, L. und Rogasik, H. (1999): Risiken der Bodennutzung und Indikation von schädlichen Bodenveränderungen in der Gegenwart. In: Buchwald, K. und Engelhard, W. (Hrsg.): Schutz des Bodens. Umweltschutz - Grundlagen und Praxis, H. 4. S. 29-51.
- Hanusch, H. (1994): Nutzen-Kosten-Analyse. 2. überarbeitete Auflage, Verlag Franz Vahlen, München.
- Knauer, N. und Mander, Ü. (1989): Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein. 1. Mitteilung: Filterung von Stickstoff und Phosphor. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, H. 30. Berlin und Hamburg, S. 365-376.
- Krems, B. (2004): Effektivität, Effizienz. Internetseite Online-Verwaltungslexikon: www.olev.de. Stand 27.3.2007.
- Kunkel, R. (2006): Karte Potenzielle Grundwassergefährdung durch diffuse N-Einträge. Jülich, 21.11.2006 (unveröffentlicht).
- Kunkel, R. und Wendland, F. (2002): The GROWA98 model for water balance analysis in large river basins. Journal of Hydrology H. 259, S. 152-162.
- LBEG, Landesamt für Bergbau Energie und Geologie (2006): Potenzielle Erosionsgefährdung der Feldblöcke in Niedersachsen. Digitale Datenlieferung von J. Sbresny, LBEG, vom 13.09.2006 und 03.11.2006, Hannover.
- LBEG, Landesamt für Bergbau Energie und Geologie (2007): Hochwassergefährdung in Niedersachsen 1:500.000. Internetseite Kartenserver des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie: <http://memas01.lbeg.de/lucidamap/index.asp?THEMEGROUP=GEO&THEMELIST=GHG>. Stand 2.2.2007.
- Londong, J.; Geiger, W. F.; Meusel, S.; Meyer, P.; Werbeck, N.; Hecht, D. und Karl, H. (2006): Auswahl von kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung zur Erfüllung der EG-Wasserrahmenrichtlinie - Beispiel Lippe. Essen.
- LUA, Landesumweltamt Brandenburg (1996): Ausweisung von Gewässerrandstreifen. Studien- und Tagungsberichte, H. 10. Potsdam.
- LUNG, Landesamt für Umwelt Naturschutz und Geologie (2002): Bodenerosion. Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern, H. 2. überarbeitete Auflage. Güstrow.

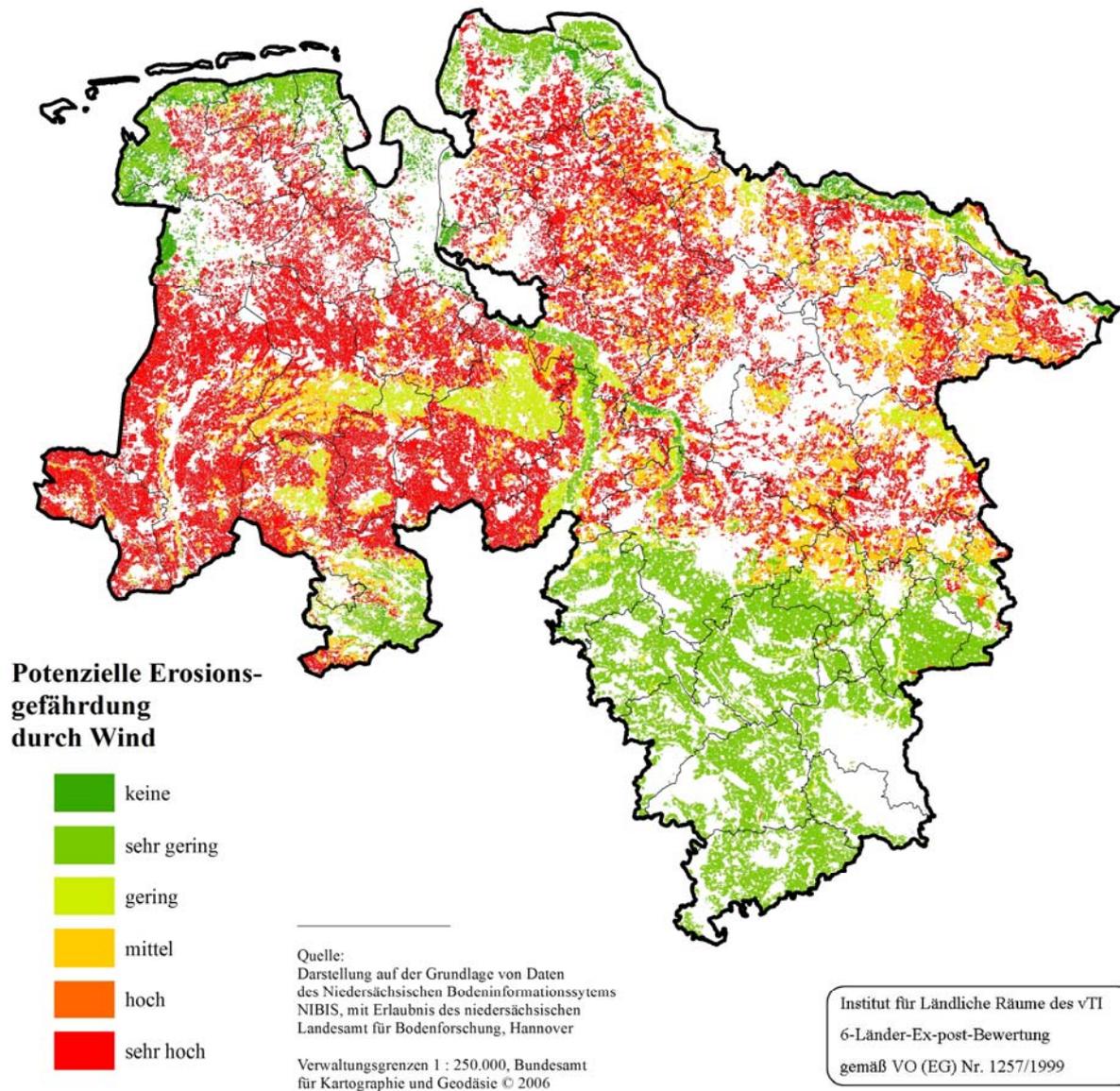
- MU, Niedersächsisches Umweltministerium (8-9-2006): Ersteinschätzung der Grundwasserkörper im Rahmen der Bestandserfassung zur WRRL. Digitale Datenlieferung per Email von Dr. A. Krüger, Niedersächsisches Umweltministerium, vom 08.09.2006.
- Müller, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Hannover.
- Müller, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS. Arbeitshefte Boden, H. Heft 2004/2, 7. erweiterte und ergänzte Auflage. Hannover.
- NLfB, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung; NLÖ, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie und Bezirksregierung Hannover (2004): EG-WRRL Bericht 2005, Grundwasser, Stand 15.07.2004, Methodenbeschreibung. Hannover.
- Osterburg, B. und Runge, T. (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völkenrode, H. Sonderheft 307. Braunschweig.
- Peter, M. und Wohlrab, B. (1990): Auswirkungen landwirtschaftlicher Bodennutzung und kulturtechnischer Maßnahmen. In: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) (Hrsg.): Uferstreifen an Fließgewässern. DVWK Schriften, H. 90. Berlin, S. 55-133.
- Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. Europäisches Komitee für Normung, Europäische Norm ISO 9000:2005, Ersatz für EN ISO 9000:2000, Brüssel.
- Rathe, A. (1998): Qualitätsziele und -standards zur Bodenerosion in Niedersachsen - Grundlagen für ein Bodenqualitätszielkonzept. Diplomarbeit Universität Hannover, unveröffentlicht.
- Reiter, K.; Roggendorf, W.; Essmann, S.; Preising, A.; Pufahl, A.; Horlitz, T. und Sander, A. (2003): Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raums, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: LR, Institut für Ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig, Hamburg, Hannover. S. 1-94.

- Reiter, K.; Roggendorf, W.; Runge, T.; Schnaut, G.; Horlitz, T. und Leiner, C. (2005): Aktualisierung der Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raums, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: LR, Institut für Ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Aktualisierung der Halbzeitbewertung von PROLAND NIEDERSACHSEN Programm zur Entwicklung der Landwirtschaft und des ländlichen Raumes gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig, Hamburg, Hannover. S. 1-155.
- Schäfer, W.; Mosimann, T.; Brunotte, J.; Severin, K.; Bartelt, R. und Gunreben, M. (2002): Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen - Entwurf 23.04.2002 - Teil Erosion. unveröffentlicht.
- Schwertmann, U.; Vogl, W. und Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Stuttgart.
- Thiermann, A. (2001): Entwicklung einer GIS-gestützten Methode zur Ermittlung winderosionsgefährdeter Gebiete in Niedersachsen. Diplomarbeit Universität Bremen, unveröffentlicht.
- Verordnung (EG) Nr. 1593/2000 des Rates vom 17. Juli 2000 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 3508/92 zur Einführung eines integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems für bestimmte gemeinschaftliche Beihilferegulungen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 182/4 vom 21.07.2000.
- WRRL, Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.

Anhang

Karte A-1: Potenzielles Bodenerosionsrisikos durch Wasser auf Feldblöcken



Karte A-2: Potenzielles Bodenerosionsrisikos durch Wind auf Feldblöcken

Karte A.3: Potenzielle Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge und Ergebnisse der Bestandserfassung der Grundwasserkörper nach WRRL

