

## **Ex-post-Bewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum**

### **Treffgenauigkeits- und Kosten-Wirksamkeitsanalysen der Agrarumweltmaßnahmen im Boden- und Wasserschutz in Hessen**

#### **Modulbericht Ökoeffizienz**

#### **Beitrag zum Kapitel 6 - Agrarumweltmaßnahmen – Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999**

##### **Bearbeitung**

*Karin Reiter, Wolfgang Roggendorf*  
Institut für Ländliche Räume

*Achim Sander*  
entera, Umweltplanung & IT





<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>45</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>48</b>
<b>1 Einführung und Zielsetzung</b>	<b>49</b>
<b>2 Methodik und Datengrundlagen</b>	<b>50</b>
2.1 Datengrundlagen	51
2.2 Methodik	59
2.2.1 Definition der Problemlagen	59
2.2.2 Kosten-Wirksamkeitsanalyse	63
2.2.2.1 Theoretische Grundlagen	63
2.2.2.2 Umsetzung in der Untersuchung	65
<b>3 Ökoeffizienz der Maßnahmen</b>	<b>79</b>
3.1 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Bodenerosion	79
3.1.1 Problemlage in Hessen	79
3.1.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen	84
3.1.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen	85
3.1.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen	91
3.2 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Grundwasser	95
3.2.1 Problemlage in Hessen	96
3.2.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen	99
3.2.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen	101
3.2.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen	107
3.3 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Oberflächenwasser	116
3.3.1 Problemlage in Hessen	116
3.3.2 Schutzbeitrag (Wirkung) der Maßnahmen	117
3.3.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen	118
3.3.4 Kosten-Wirksamkeitsverhältnis (Ökoeffizienz) der Maßnahmen	122
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>127</b>
<b>Anhang</b>	<b>131</b>



<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
Tabelle 1:	Datengrundlagen	51
Tabelle 2:	Objektarten zur Beschreibung von Oberflächengewässern	54
Tabelle 3:	Erosionsgefährdungsstufen und empfohlene Maßnahmen für die landwirtschaftliche Nutzung	55
Tabelle 4:	Ermittlung der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge	57
Tabelle 5:	Betrachtete Indikatoren im Modul „Ökoeffizienz“	60
Tabelle 6:	Beispiel für eine eindeutige Präferenzstruktur	63
Tabelle 7:	Beispiel für mehrdeutige Präferenzstrukturen	65
Tabelle 8:	Bewertungsskala für den Schutzbeitrag (Ressourcenschutzwirkung) der AUM	67
Tabelle 9:	Schematische Darstellung der Wirksamkeit	74
Tabelle 10:	Schematische Darstellung der Input-Outputrelation am Beispiel von Maßnahmen mit Boden-/Erosionsschutzwirkung	75
Tabelle 11:	Ergebnisdarstellung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse	77
Tabelle 12:	Beispiel für Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte	78
Tabelle 13:	Wassererosionsgefährdung auf den Schlägen Hessens	83
Tabelle 14:	Bodenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen	85
Tabelle 15:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Erosionsschutz	87
Tabelle 16:	Differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit im Erosionsschutz	89

---

Tabelle 17:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung in erosionsgefährdeten Gebieten	91
Tabelle 18:	Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung	92
Tabelle 19:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung	93
Tabelle 20:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte	94
Tabelle 21:	Schläge und Grundwasserkörper mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung	99
Tabelle 22:	Grundwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen	100
Tabelle 23:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen	102
Tabelle 24:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf sensiblen Gebieten nach WRRL	105
Tabelle 25:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten nach FZJ bzw. WRRL	107
Tabelle 26:	Zusatznutzen und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung	108
Tabelle 27:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen	109
Tabelle 28:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten gemäß WRRL	110
Tabelle 29:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen	111
Tabelle 30:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte in sensiblen Gebieten gemäß WRRL	112

---

Tabelle 31:	Ranking der Kostenwirksamkeit von Maßnahmen des LAWA-Projektes, denen hessische AUM zugeordnet werden können	114
Tabelle 32:	Flächenumfang der Schläge in Gewässernähe	117
Tabelle 33:	Landnutzungstypen auf Schlägen in Gewässernähe	117
Tabelle 34:	Oberflächenwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen	118
Tabelle 35:	Wirksamkeit der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung	120
Tabelle 36:	Flächenanteile der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung auf Schlägen in Gewässernähe	122
Tabelle 37:	Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfeshöhe der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung	123
Tabelle 38:	Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung	124
Tabelle 39:	Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte	125

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1: Verschneidung von räumlichen Daten und Bildung der kleinsten gemeinsamen Geometrie	51
Abbildung 2: Bausteine der Kosten-Wirksamkeitsanalyse	66
Abbildung 3: Schematisiertes Vorgehen zur Beschreibung von Umweltdaten auf Schlag- oder Teilschlagebene	68
Abbildung 4: Durch eine Pufferfläche entlang von Gewässern angeschnittene Schläge	72
Abbildung 5: Gegenüberstellung des flächengewichteten Mittels auf den Schlägen und der realen Verteilung der Erosionsgefährdungsklassen	82
Abbildung 6: Verteilung von Nutzungstypen auf den Erosionsgefährdungsstufen ‚erhöht‘ bis ‚sehr stark‘ in den Regierungspräsidien	84
Abbildung 7: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf erosionsgefährdeten Flächen	86
Abbildung 8: Gegenüberstellung der Nitratauswaschungsgefährdung auf Schlagbasis und auf Rasterbasis (FZJ)	97
Abbildung 9: Verteilung von Nutzungstypen auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Schlägen in Hessen	98
Abbildung 10: Verteilung von Nutzungstypen auf Grundwasserkörpern mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung nach WRRL	99
Abbildung 11: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf nitratauswaschungsgefährdeten Flächen	101
Abbildung 12: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf Zielflächen der WRRL	104
Abbildung 13: Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit an Oberflächen-gewässern	119

## 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 Nitratreinträgen 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 nach-

gegangen, 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 Beihilfehöhe ein wichtiges Kriterium zur Bestimmung der ‚Ökoeffizienz‘.

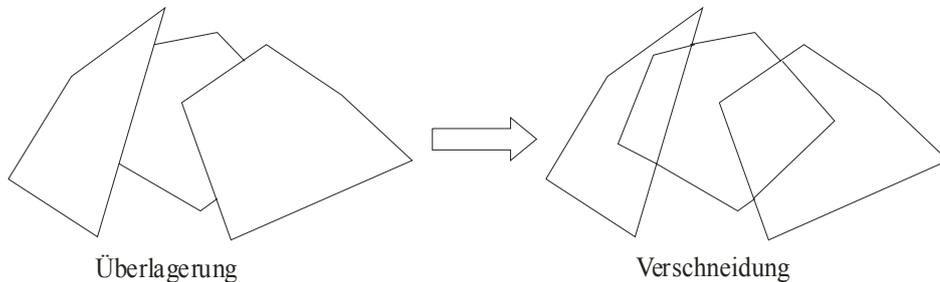
Das Modul ‚Ökoeffizienz‘ gliedert sich in die Kapitel Einführung und Zielsetzung (Kapitel 1), Darstellung der Datengrundlagen und Methodik (Kapitel 2) und Analyse der Ökoeffizienz des angebotenen Förderspektrums (Kapitel 3). Im Folgenden werden die Datengrundlagen und der Untersuchungsansatz beschrieben.

## **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 1 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	Datenbanksystem des Landes Hessen mit Angaben zur Förderung und angebundenem Geographischen Informationssystem auf Schlagbasis.	—	HMULV, 2006
Gefahrenstufenkarte Bodenerosion durch Wasser (Standortkarte von Hessen)	Die potenzielle Bodenerosionsgefährdung wurde auf der Grundlage der natürlichen Standortfaktoren Relief, Boden und Niederschlag nach der erweiterten Gießener Gefahrenstufenkartierung nach Kuron/Jung ermittelt.	1:50.000	(Richtscheid, 1998)
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	—	(HLUG, 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 Hessen zugrunde. Die Datenverarbeitung des InVeKoS wird zentral im Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV) durchgeführt. Zur Ex-post-Analyse wurden ergänzend zu den Daten der Förderjahre 2000 bis 2004 Datenbankauszüge für die Förderjahre 2005 und 2006 erstellt. Die Daten sind der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft ausschließlich zur Evaluierung des hessischen Entwicklungsplanes unter der Gewährleistung umfassender Datenschutzvereinbarungen zur Verfügung gestellt worden.

Der Datenauszug umfasst im Einzelnen:

- ausgewählte Angaben aus dem Sammelantrag aller Betriebe in Hessen, die in 2005 und/oder 2006 Direktzahlungen beantragt haben (Teilnehmer und Nichtteilnehmer) 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 Tabellen mit den physischen Einheiten (Förderfläche in Hektar), die dem Auszahlungsantrag zugrunde liegen,
- aus dem an die FNN-Datenbank angekoppelten InVeKoS-Geoinformationssystem, das laut (VO (EG) Nr. 1593/2000) zur Identifizierung einzelner Förderflächen inklusive Landschaftselemente im Jahr 2005 neu eingeführt worden ist, landesweit alle Schlaggeometrien.
- Zur Berücksichtigung von Förderkulissen u. ä. hat die Landesverwaltung aus den Schlägen durch GIS-Verschneidung zusätzlich Teilschläge im Schlagkataster gebildet, die Angaben zur Flächenbindung durch AUM enthalten und ebenfalls zur Auswertung herangezogen wurden.

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

- die Geometrien der Schläge und Teilschläge zur Durchführung von Verschneidungen mit Umweltdaten,
- die an die Geometriedaten gekoppelten Attributdaten in Form der Tabellen Jahresnutzungen zum FNN 2005 (Schläge) und Teilflächen zum FNN 2005,
- aus den Fördertabellen die Flächenangaben je Betrieb zu den Agrarumweltmaßnahmen, für die eine Wirkung im Hinblick auf die näher untersuchten Wirkungsfragen angenommen wird.

Die Schläge und deren Geometrien entstammen dem an die InVeKoS-Datenbank angekoppelten Geoinformationssystem (InVeKoS-GIS) und sind laut Verordnung (VO (EG) Nr. 1593/2000) zur Identifizierung der Einzelflächenangaben im Jahr 2005 neu eingeführt

worden. In Hessen wurde das „betriebsbezogene digitale Schlagkataster“ im Rahmen des FIS-InVeKoS-GIS (FIG) eingeführt (HMULV, 2004). Ein Schlag ist definiert als eine zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Fläche eines Betriebsinhabers, die mit einer Kulturart bestellt, stillgelegt oder aus der Produktion genommen ist. Im FIS-InVeKoS-GIS werden diese Schläge mit weiteren Daten verschnitten, sodass Teilschläge entstehen. Landschaftselemente auf oder angrenzend an Schläge werden gesondert erfasst, ebenso alle weiteren, dauerhaft nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen wie Gebäude, Windkraftanlagen etc. innerhalb eines Schlages (Abzugsflächen). Die Größe der Schläge schwankt zwischen 120 Hektar bis unter einem Ar, der Median der rund 675.000 Schläge liegt bei 0,77 ha, der Mittelwert bei 1,19 ha. Sie umfassen insgesamt eine Nettofläche ohne Sperrflächen von 801.430 Hektar.

Um eine maßnahmenspezifische Auswertung zu ermöglichen, musste der gelieferte FNN-Datensatz auf Teilflächenebene durch Verknüpfung mit den Fördertabellen für HEKUL und HELP durch die Evaluatoren um zusätzliche Daten ergänzt werden. Dies erfolgte in drei Varianten:

- Für HEKUL wurde zusätzlich zur vorhandenen Kennung der Teilnehmer ein zusätzliches Feld zur Unterscheidung nach Fördermaßnahmen eingefügt. Diese Information wurde für jede einzelne Fördermaßnahme der Fördertabelle entnommen und jedem Teilschlag der HEKUL-Teilnehmer mit HEKUL-Kennung und zulässigem HEKUL-Nutzungscode durch Verknüpfung über die Betriebsnummer angehängt. Zusätzlich einschränkend wurden nur die Flächen markiert, die im Datensatz als HEKUL-förderfähig laut Referenz ausgezeichnet waren und nicht gleichzeitig eine HELP-Kennung besaßen. Diese Vorgehensweise führte bei den einzelnen Fördermaßnahmen zu höheren Flächensummen gegenüber den Angaben in den Fördertabellen. Der Unterschied von insgesamt rund 1.600 ha bei Grünlandextensivierung und 200 ha bei Ökolandbau begründet sich damit, dass aus den Fördertabellen die der Auszahlung zugrunde liegende Fläche nach allen Abzügen (Fläche nach Sanktionen) in den Evaluierungsberichten genutzt wurde, die Einträge im Flächennachweis des InVeKoS-GIS aber den zur Auszahlung beantragten Flächenumfang darstellen.
- Für die Maßnahmen MDM-Verfahren und Winterbegrünung wurde die maßnahmenspezifische Kennung im Schlagkataster vom vTI in den aufbereiteten Teilflächen-Datensatz übertragen. Im Unterschied zur Grünlandextensivierung und zum Ökolandbau wurden daher in 2005 alle beantragten, unter Auflagen bewirtschaftete Flächen der beiden Fördermaßnahmen in die Auswertung einbezogen. Die Summe dieser Flächen übersteigt die der Auszahlung zugrunde liegenden Flächensummen in den Fördertabellen um rund 20.000 ha.
- Zur Unterscheidung der Vertragsnaturschutzvarianten wurde über die im Teilflächen-datensatz abgelegte Vertragsnummer eine Verknüpfung mit den HELP-Fördertabellen hergestellt und den Einzelflächen eine Information über die Leistungspakte der Ver-

träge zugeordnet. Allerdings mussten zusätzlich Vertragsdaten aus 2004 herangezogen werden, da der Datensatz 2005 die im FNN vorhandene HELP-Kennung nicht vollständig erklären konnte.

Die sich aus den aufbereiteten FNN-Daten ergebenden Flächensummen zur Ermittlung der Ökoeffizienz entsprechen aus den dargelegten Gründen bei allen Maßnahmen nicht der Flächensumme in den Modulen „Flächennutzung“ und „Akzeptanz“. Auf die Bewertung wirken sich diese Abweichungen nicht aus. Auch die deutliche Abweichung zwischen beantragter und geförderter Fläche bei den Modulationsmaßnahmen führt unter der Annahme einer Gleichverteilung aller von den Teilnehmern nach Auflagen bewirtschafteten Flächen vermutlich zu gleichen Ergebnissen in der Analyse.

### ***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. Durch dieses Vorgehen werden Gewässer aller Ordnungen (I bis III nach § 24 HWG), sofern sie im Basis-DLM erfasst wurden, berücksichtigt.

**Tabelle 2:** Objektarten zur Beschreibung von Oberflächengewässern

<b>Geometrie</b>	<b>Objektart</b>	<b>Beschreibung</b>
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).

### ***Gefahrenstufenkarte Bodenerosion durch Wasser***

Die potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser in Hessen ist im Rahmen der AVP/AEP-Standortkarten des HMULF als flächendeckendes Kartenwerk im Maßstab 1:50.000 dargestellt (Richtscheid, 1998). Die Erosionsgefährdung wird aufgrund natürlicher Standortfaktoren mit einer Erweiterung der Gießener Gefahrstufenkartierung nach Kuron/Jung ermittelt. Einbezogen wurden die Reliefsituation, die Erodierbarkeit des Bodenmaterials sowie die Erosivität der Niederschläge. Die Bewertung erfolgt in sechs Gefährdungsstufen ausschließlich für die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN). EDV-Daten sind für alle Kartenblätter verfügbar.

Die hier dargestellten Angaben entstammen eigenen Berechnungen des vTI im Rahmen der Untersuchungen zum vorliegenden Modul Ökoeffizienz und basieren auf den o. g. Daten. Ab 2009 wird aber für die Überarbeitung der Erosionsschutzregelung nach Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung (DirektZahlVerpflV) die Erosionsgefährdung im Auftrag des Landes Hessen vom HLUG und dem Forschungszentrum Jülich auf Ebene der Schläge neu ermittelt. Dabei wird nach bundeseinheitlich festgelegter Methode (Berechnung und Bewertung der Erosionsgefährdung nach DIN 19078 unter Anwendung der ABAG) verfahren. Es ist davon auszugehen, dass erhebliche Abweichungen zu den hier verwendeten Daten zu erwarten sind, die dann auch zu ganz anderen Größenordnungen führen können als die im Kap. 3.1 angegebenen.

**Tabelle 3:** Erosionsgefährdungsstufen und empfohlene Maßnahmen für die landwirtschaftliche Nutzung

<b>Erosionsgefährdungsstufe</b>		<b>empfohlene Maßnahmen</b>
E 1	keine bis beginnend	ordnungsgemäße landwirtschaftliche Nutzung
E 2	schwach	acker- u. pflanzenbauliche Maßnahmen notwendig: hangparallele Bewirtschaftung und vielseitigere Fruchtfolgen, vor allem Zwischenfruchtanbau; Verbesserung der Bodenstruktur; Hanglängenbegrenzung bei ca. 200 m
E 3	mäßig (mittel)	stärkere acker- u. pflanzenbauliche Maßnahmen: zusätzlich Beseitigung von Bodenverdichtungen und aufwändigere pflanzenbauliche Maßnahmen, z. B. Fruchtwechsel mit Boden schützenden Kulturarten im Streifenbau; Mulchverfahren; Hanglängenbegrenzung bei ca. 100 m
E 4	erhöht	zusätzlich zu acker- u. pflanzenbaulichen auch noch kulturtechnische Maßnahmen: verstärkter Streifenbau Boden schützender Kulturarten im Abstand von ca. 50 m; Maisanbau nur in Bodendecker, z. B. Zwischenfrucht, Untersaat; Mulchverfahren notwendig; Hanglängenbegrenzung bei ca. 50 m, z. B. durch Streifenbau, Wegenetz mit Grabenführung u. a.
E 5	stark	permanente Vegetationsdecke; langjähriger Feldfutterbau oder Grünlandnutzung (ggf. Ansaat), Beweidung möglich
E 6	sehr stark	permanente Vegetationsdecke; Beweidung eingeschränkt; Grünlandnutzung extensiv; Waldnutzung erstrebenswert

Quelle: HMLWLFN (1993); leicht gekürzt.

### ***Bundesweite Karte der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge***

Im Forschungszentrum Jülich (FZJ) 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 3). 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 4:** Ermittlung der potenziellen Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge

<b>Arbeitsschritt</b>	<b>Datengrundlage</b>	<b>Erläuterungen</b>
1. Selektion landwirtschaftlich genutzter Flächen (Acker & Grünland)	Corine Landcover 2000 <sup>1)</sup> ; 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; Rasterbasierte 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. Syroseme, 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).

<sup>1)</sup> Das europaweite Projekt CORINE Land Cover (CLC) hat die Bereitstellung von einheitlichen und damit vergleichbaren Daten der Bodenbedeckung für Europa zum Ziel. Es ist Teil des Programms CORINE (Coordination of Information on the Environment) der Europäischen Union. Die Kartierung der Bodenbedeckung und Landnutzung wurde europaweit auf der Basis von Satellitendaten im Maßstab 1:100.000 durchgeführt. (DLR, 2008)

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 Schlag(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 Hessen nur zu undifferenzierten Aussagen führen.

### ***Erstmalige Beschreibung der Verschmutzung der Grundwasserkörper durch diffuse Quellen gemäß WRRL***

Das Land Hessen hat in seinem ‚Handbuch zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Hessen‘ (HMULV, 2004) die Herangehensweise und Ergebnisse der erstmaligen Beschreibung der Grundwasserkörper 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

- die Landnutzung (differenziert nach ATKIS),
- die Stickstoff-Flächenbilanz der landwirtschaftlichen Nutzung,
- die Stickstoffdeposition aus der Luftverschmutzung je Nutzungstyp,
- sowie die Nitratkonzentration in grundwasserbürtigen Rohwässern.

Emissionsseitig wurde der N-Überschuss pro Grundwasserkörper berechnet. Beträgt dieser mehr als 50 kg N/ha und Jahr, gilt dieser als potenziell gefährdet. Immissionsseitig wird der Richtwert einer Nitratkonzentration von 25 mg/l Grundwasser herangezogen: „Beträgt die Summe aller Kleinstzugsgebiete mit Nitratkonzentrationen von mehr als 25 mg/l mehr als 33 % der Fläche aller Kleinstzugsgebiete mit durch Grundwassermessstellen erfassten Nitratkonzentrationen in einem Grundwasserkörper, wird dieser als potenziell gefährdet eingestuft.“ (HMULV, 2004). Belastungen der Grundwasserkörper durch Pflanzenschutzmittel konnten nicht berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der erstmaligen Beschreibung der Grundwasserkörper wurden den Evaluatoren als GIS-Daten übermittelt (HLUG, 2006). Eine zusammenfassende ‚Risikoabschätzung (Zielerreichung) des chemischen Zustands der Grundwasserkörper in der Bestandsaufnahme‘ erfolgt nach den zwei nominalen Wertungen ‚Zielerreichung wahrscheinlich‘ und ‚Zielerreichung unwahrscheinlich/unklar‘.

## **2.2 Methodik**

### **2.2.1 Definition der Problemlagen**

Die Analyseschritte im Kapitel 3 zeigen zunächst in kurzer Übersicht die Problemlage in Hessen 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 5) in Beziehung setzen.

**Tabelle 5:** 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 aufgrund 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 aufgrund 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 Habitate 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 Habitate verringern/unterbinden. Mit den Teilindikatoren a), b), c). VI.2.B-3.2. Angrenzende wertvolle Feuchtgebiete oder aquatische Habitate, die aufgrund von Fördermaßnahmen geschützt werden. Mit den Teilindikatoren a), b)

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

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

### ***Erosionsgefährdete Flächen***

Die Untersuchung der Treffgenauigkeit und Effizienz von Fördermaßnahmen im Hinblick auf den Erosionsschutz konzentriert sich auf besonders gefährdete Flächen. Als solche werden im Rahmen dieser Studie definiert: Landwirtschaftlich genutzte Flächen, die nach Darstellung der Standortkarte von Hessen (Richtscheid, 1998) eine der ordinalen Erosionsgefährdungsstufen von ‚erhöht‘, ‚stark‘ oder ‚sehr stark‘ zugewiesen bekommen haben

(vgl. Kapitel 2.1). Die Bewertungsstufen ‚keine bis beginnende‘, ‚schwache‘ und ‚mäßige‘ Erosionsgefährdung werden nicht weiter in die Analyse mit einbezogen, obschon auch auf diesen unter den von Richtscheid (1998) aufgezeigten Voraussetzungen Vermeidungsmaßnahmen erforderlich sein können (vgl. Tabelle 3). Dieser Ansatz deckt sich mit den bisherigen Festlegungen in der zwischenzeitlich erstellten Beihilferichtlinie (HIAP-RL 2008) für die Umsetzung der Agrarumweltmaßnahmen in der Förderperiode 2007 bis 2013. Dort wird für das Förderverfahren „Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten (Winterbegrünung)“ u. a. eine Kulisse auf erosionsgefährdeten Ackerflächen mit den Gefährdungsstufen nach Richtscheid E4 bis E6 vorgesehen. Allerdings weist das Land Hessen darauf hin, dass abgeleitet aus den Empfehlungen von Richtscheid auch Flächen mit Gefährdungsstufen unterhalb von E4 prinzipiell als förderwürdig für erosionsmindernde Maßnahmen einzuschätzen sind<sup>1</sup>. Der im Modul Ökoeffizienz verwendete Untersuchungsrahmen mit den Gefährdungsstufen E4 bis E6 ist somit nicht deckungsgleich mit einer denkbaren Ausdehnung der Förderkulisse auf weitere Gefährdungsstufen. Die Aussagen zur Effektivität und Effizienz der Maßnahmen wären in diesem Fall nicht übertragbar.

### ***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 als ‚unwahrscheinlich/unklar‘ bewertet wurden (HLUG, 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.

### ***Durch Stoffeintrag gefährdete Oberflächengewässer***

An Oberflächengewässer angrenzende Flächen, die ein Stoffeintragsgefährdungspotenzial aufweisen, werden folgendermaßen definiert: Landwirtschaftlich genutzte Flächen, die in

---

<sup>1</sup> schriftliche Mitteilung 21.11.2008.

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 5): Wertvolle Feuchtgebiete oder aquatischer Habitats, 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 Habitats

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 Hessischen 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 Habitats 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 Ziel<sup>2</sup> der WRRL ist, ist die vorgenommene Themeneingrenzung nicht minder von Interesse.

---

<sup>2</sup> „... 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).

## 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 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 6). Als Bezugsgrößen dienen entweder physische Einheiten (z. B. Flächenangaben in ha) oder ordinal skalierte Qualitäten (z. B. Wirkungen in mittel, hoch, sehr hoch).

**Tabelle 6:** 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 Maßnah-

men 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 Entwicklungsplanes 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. ‚Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen‘. Hieraus lässt sich nicht ableiten, welche Schutzgüter gemeint sind. Auch die deutlich konkretere Formulierung ‚Bodenschutz‘ lässt immer noch offen, ob alle Aspekte des Bodenschutzes als Ziel gesehen werden oder nur ausgesuchte, wie z. B. den Schutz vor stofflichen Belastungen, den Schutz vor Schadverdichtungen oder den Schutz vor Substanzverlusten. 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 könnten<sup>3</sup>.

---

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

**Tabelle 7:** 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.

Auch innerhalb eines Zielbereiches bietet das Verfahren dann keine eindeutigen Präferenzergebnisse mehr, wenn zwei oder mehr Alternativen dominieren (Beispiel Tabelle 7). 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 eine endgültige Bewertung vorbehalten, die z. T. wohl auch intuitiv oder unter Hinzuziehung weiterer Kriterien erfolgen muss.

### 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

<b>Ökoeffizienz</b> (Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung)			
<b>Wirksamkeit/Effektivität</b> (Treffgenauigkeits-Wirkungsbetrachtung)		<b>Input-Outputbetrachtung</b>	
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.<sup>4</sup> 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 ausgelöst wird. 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.<sup>5</sup>

Im Folgenden werden die Einzelschritte erläutert.

<sup>4</sup> 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, so dass die Ergebnisse hier – nicht nur aufgrund der Reihenfolge der Bearbeitung – nicht einfließen können.

<sup>5</sup> 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).

### ***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 InVeKoS-Datenauswertungen soweit erforderlich modifiziert.

Die Bewertung erfolgt anhand einer vierstufigen Skala (Tabelle 8). Neben den positiven oder sehr positiven Schutzgutwirkungen sind auch neutrale/keine oder sogar negative Wirkungsaspekte 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.

**Tabelle 8:** Bewertungsskala für den Schutzbeitrag (Ressourcenschutzwirkung) der AUM

<b>Schutzbeitrag der AUM</b>	<b>Symbol</b>
sehr positive Wirkung	++
positive Wirkung	+
neutrale oder keine Wirkung	0
negative Wirkung	-

Quelle: Eigene Darstellung.

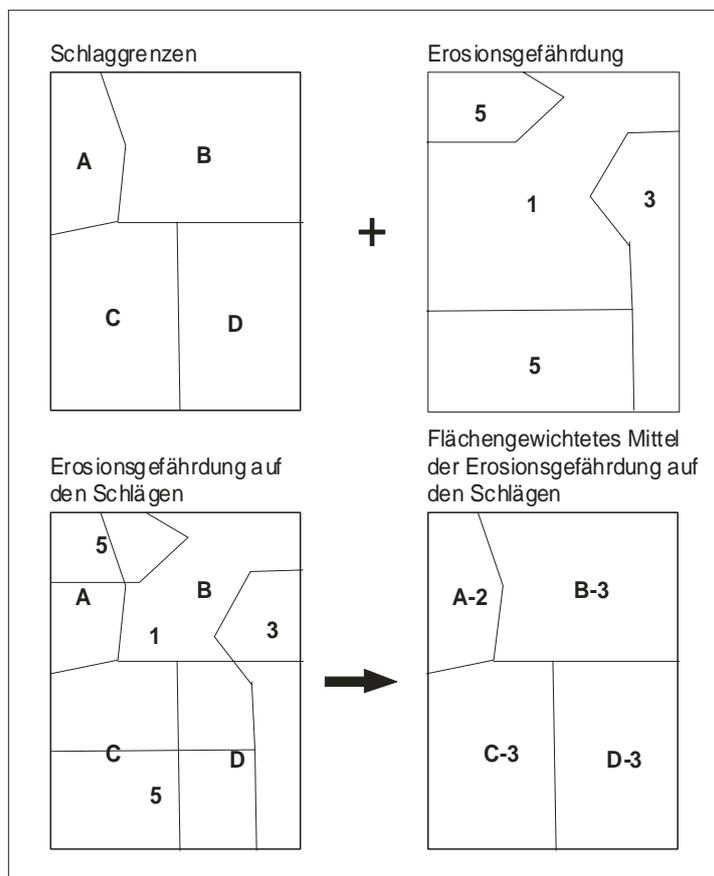
### ***Ermittlung der Treffgenauigkeit***

Seit Einführung des InVeKoS-GIS in 2005 ist eine bessere<sup>6</sup> 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 Ge-

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

bierte werden über die Schutzgutempfindlichkeiten vor dem Hintergrund der drei eingangs genannten Fragestellungen für die Schutzgüter Boden und Wasser definiert.

**Abbildung 3:** Schematisiertes Vorgehen zur Beschreibung von Umweltdaten auf Schlag- oder Teilschlagebene



Quelle: Eigene Darstellung.

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 Teilschläge bestimmt werden. Damit ist in Hessen (potenziell) eine sehr hohe räumliche Auflösung erreicht. Umgekehrt bedeutet das auch, dass die Umweltdaten auf (Teil-)Schlagebene beschrieben werden müssen. Die Abbildung 3 soll dieses Vorgehen verdeutlichen.

Bei den Fragestellungen müssen vier methodische Ansätze unterschieden werden.

### ***Erosionsgefährdete Flächen***

Für die Daten zur Erosionsgefährdung kann auf den Ansatz zur Bildung eines flächengewichteten Mittelwertes je (Teil-)Schlag (Flächen A bis D in der Abbildung 3) zurückge-

griffen werden. Dazu werden die Schlaggrenzen mit denen der Erosionsgefährdung (hier mit den ordinalen Gefährdungsstufen 1, 3 und 5 in Abbildung 3) räumlich verschnitten. Im Beispiel des Schlages C mit annähernd gleichen Flächenanteilen der Gefährdungsstufen 5 und 1 ergibt sich über die Berechnung eines flächengewichteten Mittels die Gefährdungsstufe 3 für den gesamten Schlag C. Die Ergebnisse der Mittelwertberechnung werden auf ganze Werte gerundet. Die Konsequenzen dieses Vorgehens werden weiter unten im Kapitel 3.1.1 dokumentiert.

Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung sind dann treffgenau, wenn sie in sensiblen Gebieten liegen, dass heißt auf (Teil-)Schlägen, die eine Erosionsgefährdung von ‚erhöht‘, ‚stark‘ oder ‚sehr stark‘ aufweisen.

### ***Nitratauswaschungsgefährdete Flächen***

Die nitratauswaschungsgefährdeten 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 (Teil-)Schlägen liegen, so wird für den gesamten (Teil-)Schlag 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 (Teil-)Schlägen liegen, die ganz oder teilweise eine Nitratauswaschungsgefährdung aufweisen.

### ***Grundwasserkörper mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung bei diffusen Stoffeinträgen gemäß WRRL***

Die erstmalige Beschreibung der Grundwasserkörper im Hinblick auf diffuse Stoffeinträge erfolgt nominal (‚Zielerreichung wahrscheinlich‘ und ‚Zielerreichung unwahrscheinlich/unklar‘). Auch bei diesem Thema wird auf die Bildung eines flächengewichteten Mittels verzichtet und (Teil-)Schlägen mit Anteilen an Grundwasserkörpern mit unwahrscheinlicher/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 (Teil-)Schlägen liegen, die ganz oder teilweise die Bewertung ‚Zielerreichung unwahrscheinlich/unklar‘ aufweisen.

### ***Stoffeintragsgefährdete Oberflächengewässer***

Die Ermittlung von Schlägen, die an Oberflächengewässer angrenzen, erfolgt mittels eines Distanzpuffers, der um die Gewässer gelegt wird. Für alle Schläge, 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 Stickstoffeintragspfade über das Grundwasser in Oberflächengewässer erfolgt somit nicht. Hierfür müsste das gesamte Einzugsgebiet der Gewässer berücksichtigt werden. Gleichwohl können mit der durchgeführten Analyse auch Stickstoffeintragspfade über den Zwischenabfluss (Interflow) sowie Einträge über ein Dränagesystem erfasst werden. Der Fokus liegt jedoch auf den oberirdischen Eintragspfaden, 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 Randstreifen 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 Nitrateinträge 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).

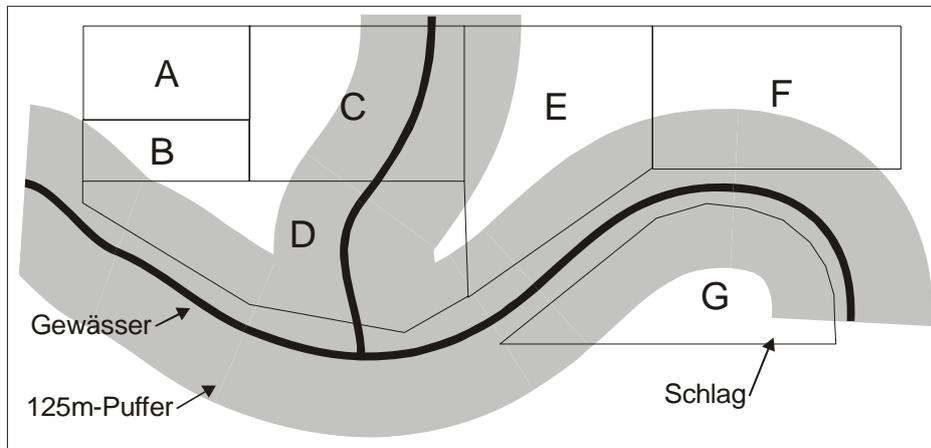
Darüber hinaus müssen GIS-technische Unwägbarkeiten in Betracht gezogen werden, die ebenfalls Bedeutung für die Wahl des Distanzpuffers haben. Die meisten Gewässer sind nur linienhaft (also ohne räumliche Ausdehnung) erfasst worden, sodass in einer geografischen Projektion nicht unbedingt eine direkte Benachbarung zwischen Schlägen und Gewässern festgestellt werden kann. Diese (scheinbare) Distanz zwischen Gewässer und Schlag 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 berührten Schläge 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 Schläge A bis G durch den Gewässerpuffer erfasst werden. Bei linearen Strukturen (Gewässern) tritt sehr häufig der Fall auf, dass nur geringe Schlaganteile de facto für die Analyse relevant wären. Im Rahmen der Untersuchung wurde jedoch grundsätzlich die vollständige Fläche eines Schlages angerechnet. Dadurch ist z. B. tendenziell eine Überschätzung der Treffgenauigkeit zu erwarten.

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.

**Abbildung 4:** Durch eine Pufferfläche entlang von Gewässern angeschnittene Schläge



Quelle: Eigene Darstellung.

### ***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 Flächen aus dem InVeKoS-GIS. Die so ermittelte „digitalisierte Landwirtschaftsfläche“ 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 können Abweichungen des berechneten Flächenumfangs im Vergleich zur offiziellen Statistik auftreten. 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. Ein Vergleich mit den offiziellen Agrarstatistiken ist nicht möglich, da Erhebungszweck und -methoden andere sind.

Des Weiteren werden die Flächenanteile der Maßnahmen im sensiblen Gebiet im Verhältnis zu der gesamten Maßnahmenfläche im sensiblen Gebiet dargestellt (Anteile einer Maßnahme gemessen an der gesamten Maßnahmenfläche 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‘ Treffgenauigkeit ist nicht mög-

lich. 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 Hessen bestehen Kulissen z. B. für die Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes (HELP). 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 Schlag gebunden. Für diese Maßnahmen kann die Analyse der Treffgenauigkeit nur eine Momentaufnahme des gewählten Förderjahres darstellen. In Hessen betrifft das z. B. die MDM-Verfahren oder die Zwischenfrüchte und Untersaaten, die in die Fruchtfolge eingebunden sind.

### ***Einfluss der Maschinenförderung im Rahmen des AFP auf die Treffgenauigkeit***

In Hessen wurden im Rahmen des Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP) in den Jahren 2000 bis 2005 ca. 61 Mulchsaatgeräte gefördert. Um eine Doppelförderung auszuschließen, ist diesen Betrieben die Teilnahme an MDM-Verfahren im Rahmen des HEKUL nicht erlaubt. Dennoch ist auf diesen Betrieben mit einem Einsatz von MDM-Verfahren zu rechnen, die jedoch nicht in die Ökoeffizienzbetrachtung einfließen.

### ***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 Treffgenauig-

keit 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 9:** 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 [Euro/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 Beihilfeshöhe entweder von der in Anspruch genommenen Maßnahmenvariante<sup>7</sup> und/oder von standörtlichen Bedingungen abhängt, wurde ein flächengewichtetes Mittel anhand der Angaben in den Fördertabellen aus Förderflächen und den korrespondierenden Zahlungsbeträgen ermittelt<sup>8</sup>. Als Ergebnis wird also ein landesweiter Durchschnittswert der Beihilfe je Hektar gebildet (‚Beihilfesatz durchschnittlich‘).

<sup>7</sup> Bei Maßnahmenvarianten wurde der Flächenumfang jeder Variante mit dem spezifischen Prämiensatz multipliziert, die Einzelergebnisse addiert und durch die Gesamtfläche aller Varianten der Maßnahme geteilt. Somit wird ein flächengewichtetes Prämienmittel für die Maßnahme errechnet. Ein Beispiel ist der Ökolandbau mit den Varianten Ackerland, Dauergrünland, Dauerkulturen etc.

<sup>8</sup> 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.

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<sup>9</sup>.

**Tabelle 10:** Schematische Darstellung der Input-Outputrelation am Beispiel von Maßnahmen mit Boden-/Erosionsschutzwirkung

Maßnahme	Ziel	Wirkung auf Schutzgut ...				Beihilfesatz	
		Wasser	Luft	Biodiversität	Landschaft	Durchschnitt [Euro/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [Euro/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 HELP Leistungspaket 3 ‚Extensive Bewirtschaftung in Gebieten mit hoheitlichen Beschränkungen‘ 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.

<sup>9</sup> In Tabelle 10 wird die Berechnung der Prämie unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors für Maßnahmen mit Boden-/Erosionsschutzwirkung dargestellt. Neben der betrachteten Bodenschutzwirkung, haben die Maßnahmen weitere Wirkungen. Die durchschnittliche Maßnahmenprämie dividiert durch die Anzahl der weiteren Wirkungen ergibt die Prämie unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors in Euro/ha.

Maßnahmen mit neutralen oder negativen<sup>10</sup> 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 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 Maßen) 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.

---

<sup>10</sup> Lediglich theoretische Annahme; der Fall kommt nicht vor.

$$KW_{M1} = \frac{W_{11}}{K_1}$$

mit:

- $KW_{M1}$  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 11 gezeigt dargestellt werden. Darüber hinaus erfolgt eine Gesamtschau der Einzelbewertungsschritte. Sie erlauben weitergehende interpretative Ansätze.

**Tabelle 11:** 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 Beihilfehöhe 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 12). 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 12:** 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 End-

- ergebnis. 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 neutrale oder 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 Schläge, 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 Hessen

###### *Zielsetzung des Entwicklungsplanes*

Vermeidung oder Verminderung von Bodenverlusten durch Bodenerosion sind im Entwicklungsplan des Landes Hessen nicht explizit als Ressourcenschutzziel aufgeführt.

Vielmehr ist als allgemeines Schutzziel für Agrarumweltmaßnahmen aus dem Teilbereich HEKUL ‚Schutz und Verbesserung der Situation der abiotischen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft)‘ definiert worden. Unter dieser Zielaussage kann der Schutz vor Erosion subsumiert werden. Durch die im Rahmen der fakultativen Modulation geförderten Maßnahmen werden 2003 explizit der Schutz und die Verbesserung der Böden eingeführt (u. a. Erosionsschutz).

### ***Erosionsursachen***

In der Aktualisierung der Halbzeitbewertung sind die Erosionsursachen in Hessen entsprechend der in den Bewertungsfragen der Kommission getroffenen Unterscheidung in Wasser-, Wind- und Bearbeitungserosion und die sich daraus ergebende Gefährdungslage ausführlich dargestellt worden. Zusammenfassend sind folgende Aspekte hervorzuheben:

- Für die Winderosion liegen in Hessen keine landesweit verfügbaren Daten vor, jedoch ist aufgrund der standörtlichen Voraussetzungen davon auszugehen, dass die Winderosion in den meisten Teilen des Landes als geringfügig einzustufen ist. Lediglich für den Süden des Landes weisen verschiedene Quellen auf eine potenzielle Gefährdung auf den leichten und trockenen Sandböden des Rheintales hin.
- Die wassererosionsgefährdeten Flächen treten kleinräumig verteilt über das ganze Land in den hügeligen Regionen unter Ackernutzung auf. Regionen mit einer besonderen Konzentration der Erosionsgefährdung befinden sich in Nordhessen im Waldecker Land, im Fulda-Werra-Bergland, im Oberwälder Land, im Fulda-Hannetafeld, bei Bad Hersfeld, an den Hängen der Fuldaer Senke, in der Region Burgwald, an den Hängen des Limburger Beckens, sowie kleinräumig in Tälern und Hanglagen von Taunus, Odenwald, Spessart und Vogelsberg.
- Zur tatsächlichen Höhe wasserbedingter Erosion liegen im Nachbarland Niedersachsen einzelne, punktuelle Messungen vor, für die Rathe eine Spannweite der ermittelten Abtragswerte zwischen 0,5–54,0 t/ha je Niederschlagsereignis angibt (Rathe, 1998) und die die hohe Variabilität dieser Prozesse ausdrückt. Brunotte schätzt den durchschnittlichen jährlichen Abtrag auf etwa 5 t/ha\*a (Brunotte, 1990).

### ***Erosionsgefährdung auf den Schlägen***<sup>11</sup>

Die Erosionsgefährdung Hessens wird in der vorliegenden Untersuchung auf Schlag- und Teilschlagebene beschrieben (Karte A-1). Das Vorgehen dazu wurde ausführlich in Kapitel 2.2 erläutert. Die Konsequenzen des Vorgehens für die Flächenbilanz der Erosionsgefährdungsklassen werden in Abbildung 5 veranschaulicht. Vor dem Hintergrund der Neu-

---

<sup>11</sup> Darstellung auf der Grundlage von Daten der AVP-/AEP-Standortkarten und mit Erlaubnis des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz bzw. des Regierungspräsidiums Gießen/Dez. 51.1 (Az. V 51.1 – 30.1.4.0 – 03-03).

berechnung der Erosionsgefährdung für die Cross Compliance-Anforderungen ab 2009 sei hier noch einmal auf die Ausführungen in Kapitel 2.1 verwiesen. Der hier zugrunde gelegte Umfang besonders erosionsgefährdeter Flächen ist mit zukünftigen Einstufungen voraussichtlich nur bedingt vergleichbar.

Es wird deutlich, dass in der Gesamtfläche bei den verschiedenen Auswertungen nur relativ geringe Abweichungen entstehen. Das gilt prozentual betrachtet grundsätzlich auch für die einzelnen Gefährdungsklassen, mit Ausnahme der ‚sehr stark‘ gefährdeten Flächen, wo prozentual eine hohe Abweichung von über 50 Prozentpunkten besteht, der absolute Flächenanteil mit knapp 9.000 ha aber eher gering ausfällt.

Bei der Mittelwertbildung auf Schlagebene zeigt sich eine Unterschätzung der Gefährdungsklassen ‚keine bis beginnend‘, ‚stark‘ und ‚sehr stark‘, während die Flächenanteile der Klassen ‚schwach‘, ‚mäßig‘ und ‚erhöht‘ überschätzt werden.

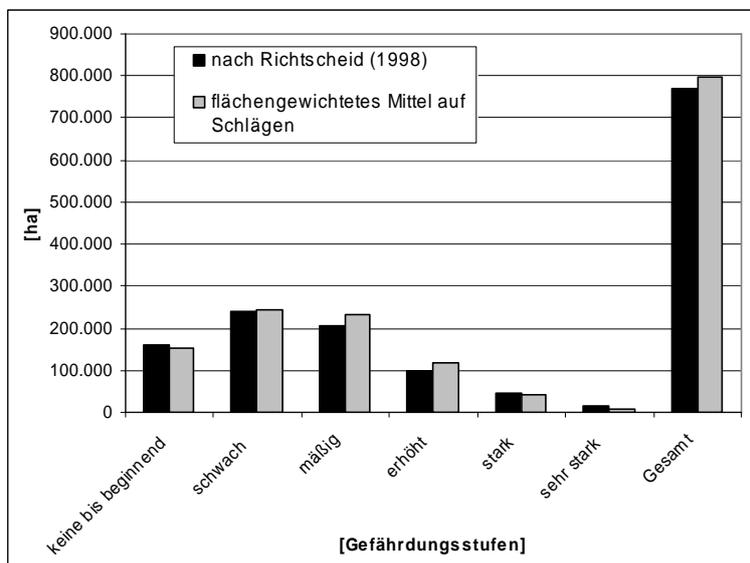
Eine nach Gefährdungsklassen differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit der AUM wird daher die Treffgenauigkeit auf den ‚stark‘ und ‚sehr stark‘ erosionsgefährdeten Flächen leicht unterschätzen und somit zu leicht schlechteren Ergebnissen kommen als bei einer Analyse der Maßnahmen auf Grundlage der ‚realen Verteilung‘ der Erosionsgefährdung.

Insgesamt fallen 167.889 ha LF des InVeKoS in die Gefährdungsstufen ‚erhöht‘, ‚stark‘ und ‚sehr stark‘. Sie werden hier im Weiteren als (potenziell) besonders erosions sensible Flächen betrachtet.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> vgl. hierzu die Anmerkungen im Kapitel 2.2.1 „Erosionsgefährdete Flächen“.

**Abbildung 5:** Gegenüberstellung des flächengewichteten Mittels auf den Schlägen und der realen Verteilung der Erosionsgefährdungsklassen



Erläuterung der Legende: „nach Richtscheid (1998)“: GIS-Daten zur Erosionsgefährdung (,reale Verteilung“); „flächengewichtetes Mittel auf Schlägen“: Mittelwertbildung der Erosionsgefährdungsstufen auf den Schlagflächen.

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Richtscheid (1998) und InVeKoS-GIS. <sup>13</sup>

Die nach Regierungspräsidien gestaffelte Auswertung der Erosionsgefährdung in Tabelle 13 zeigt, dass nur 21 % der Schläge die Erosionsgefährdungsklassen ‚erhöht‘, ‚stark‘ oder ‚sehr stark‘ aufweisen. Umgekehrt bedeutet das, dass auf über drei Viertel der Schläge ‚keine‘ bis ‚mäßige‘ Erosionsgefährdungen vorliegen.

Die Anteile der Gefährdungsstufe ‚sehr stark‘ an der LF liegen mit nur 1 % im zu vernachlässigenden Bereich und erreichen mit nur 1.000 bis rd. 3.000 ha in den Regierungspräsidien auch absolut nur geringe Werte. Den höchsten prozentualen und absoluten Anteil an den drei relevanten Gefährdungsstufen nimmt die Klasse ‚erhöhte‘ Erosionsgefährdung ein. Sie hat fast 15 % Anteil an der LF mit einem Flächenumfang von über 116.500 ha.

<sup>13</sup> Die GIS-Darstellung erosionsgefährdeter Flächen nach Richtscheid ist nicht deckungsgleich mit den Flächen der Schläge. Es gibt sowohl Erosionsflächen, die außerhalb der Schläge liegen, als auch Schläge/Teilschläge, die keine Erosionswerte haben. Da die Flächenauswertung auf Schlagbasis die gesamte Schlagfläche berücksichtigt (Zuweisung eines flächengewichteten Mittelwertes der Erosionsgefährdung), kann die Flächensumme auf Schlagbasis die der GIS-Daten nach Richtscheid überschreiten.

Im Vergleich der Regierungspräsidien hat Kassel mit gut einem Viertel der LF ‚erhöht‘ bis ‚sehr stark‘ erosionsgefährdete Gebiete, d. h. sensible Gebiete im Sinne der Definition in Kapitel 2.2.2.2. Darmstadt und Gießen folgen mit gut 19 % bzw. knapp 16 % Flächenanteile besonders sensibler Gebiete an der LF.

**Tabelle 13:** Wassererosionsgefährdung auf den Schlägen Hessens

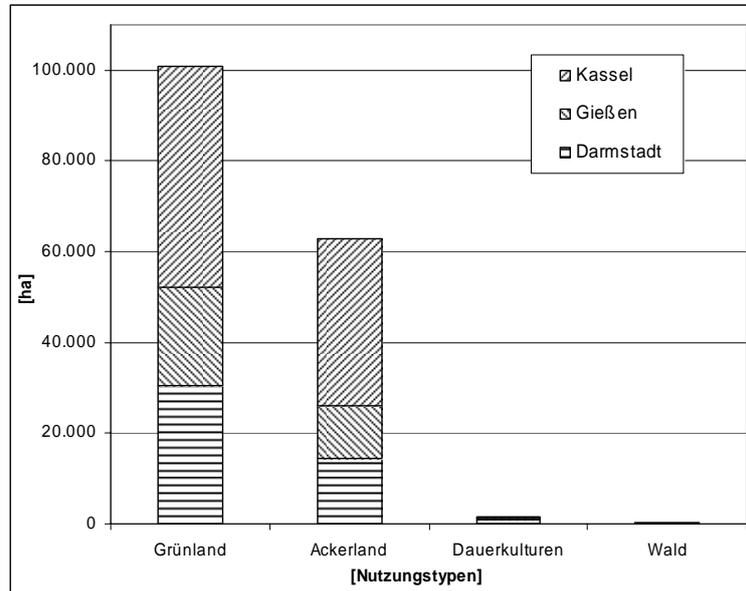
Erosions- gefährdung	Anteil an der LF <sup>1)</sup> [%]	Regierungspräsidien			
		Gesamt	Gießen	Kassel	Darmstadt
			[ha]		
keine bis beginnend	19,1	151.709	29.672	36.759	85.278
schwach	30,6	243.127	75.400	112.428	55.299
mäßig	29,2	232.498	72.655	103.802	56.040
erhöht	14,7	116.564	25.540	60.905	30.119
stark	5,5	43.471	7.014	23.216	13.241
sehr stark	1,0	7.854	1.006	3.442	3.406
<b>Summe</b>	<b>100,0</b>	<b>795.223</b>	<b>211.287</b>	<b>340.552</b>	<b>243.383</b>
<b>Anteil 'erhöht' bis 'sehr stark' [%]</b>		<b>21,1</b>	<b>15,9</b>	<b>25,7</b>	<b>19,2</b>

1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblock- bzw. Schlagfläche des InVeKoS-GIS.

Quelle: Eigene Auswertung auf Grundlage von Richtscheid (1998) und InVeKoS-GIS.

Die potenzielle Erosionsgefährdung kommt in Abhängigkeit der aktuell vorherrschenden Landnutzung nicht auf allen Flächen gleichermaßen zum Tragen. So bieten Grünland (und Wald; hier überwiegend Erstaufforstung) einen sehr guten Erosionsschutz auch auf stark gefährdeten Flächen, während unter Ackernutzung Erosionsereignisse auftreten können. Abbildung 6 zeigt die Nutzungsverteilung in den Regierungspräsidien auf den Gefährdungsstufen ‚erhöht‘, ‚stark‘ und ‚sehr stark‘.

**Abbildung 6:** Verteilung von Nutzungstypen auf den Erosionsgefährdungsstufen ‚erhöht‘ bis ‚sehr stark‘ in den Regierungspräsidien



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Richtscheid (1998) und InVeKoS-GIS.

Man erkennt die Dominanz der Grünland- und Ackernutzung in den sensiblen Gebieten. Die höchsten Ackeranteile (insgesamt rd. 63.000 ha) auf den erosionsgefährdeten Flächen hat das Regierungspräsidium Kassel mit fast 37.000 ha, gefolgt von Darmstadt und Gießen mit 14.500 bzw. 11.500 ha. Es wird deutlich, dass auf den besonders erosionssensiblen Standorten deutlich die Grünlandnutzung vorherrscht. So gibt es in den Regierungspräsidien Gießen und Darmstadt doppelt so viele Grünlandflächen wie Ackerflächen auf besonders erosionsgefährdeten Hängen. Im Regierungspräsidium Kassel beträgt das Verhältnis ca. 1:1,3. Aus Ressourcenschutzsicht spielen sowohl die Grünlanderhaltung (oder -schaffung) als auch erosionsmindernde oder -vermeidende Maßnahmen auf Ackerland eine bedeutende Rolle im Bodenschutz.

### 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 14 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 Boden-

schutzziele mit einem Punkt markiert. Von den neun Maßnahmen haben vier ein Boden- oder Erosionsschutzziel und sechs Maßnahmen eine positive Erosionsschutzwirkung.

**Tabelle 14:** Bodenschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen

Maßnahme	Code	Maßnahmen, die zum Schutz vor Bodenerosion beitragen	
		Ziel	Wirkung
Ökolandbau	f1-A1	●	+
Grünlandextensivierung	f1-B	●	+
MDM-Verfahren	M	●	++
Winterbegrünung	P	●	+
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1	—	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2	—	+
Ext. Nutzung in Schutzgebieten	f2-LP3	—	0
Ackerschonflächen	f2-LP4	—	0
Besondere Lebensräume	f2-LP5	—	0

**Ziele:**

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

**Wirkungen:**

- 0 keine oder neutrale Wirkung
- + positive Wirkung
- ++ sehr positive Wirkung

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Grünlandmaßnahmen, wie z. B. Grünlandextensivierung und Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes aus dem HELP tragen durch eine Beibehaltung der Nutzungsart zu einer dauerhaften Bodenbedeckung und somit zur Sicherung erosionsgefährdeter Flächen bei. Es handelt sich hierbei folglich um Erhaltungsmaßnahmen, während ackerbauliche Ansätze, wie z. B. die MDM-Verfahren und die Winterbegrünung, vorrangig als Vorsorgemaßnahmen zur Reduzierung von Bodenerosion zu klassifizieren sind. Die Winterbegrünung wird ausschließlich in Kombination mit dem Ökolandbau angewendet. Im Zusammenspiel beider Maßnahmen können auch sehr positive [++] Erosionsschutzwirkungen erzielt werden.

### 3.1.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen

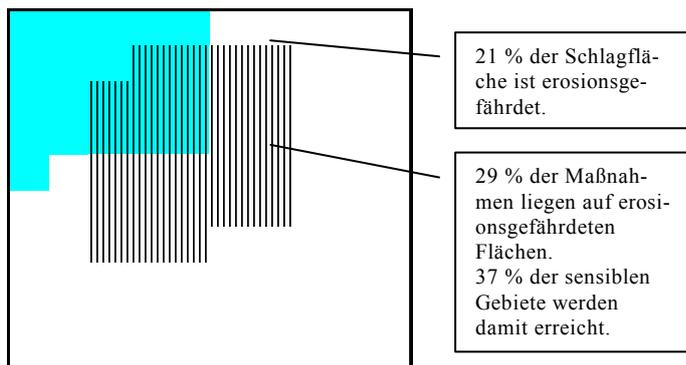
Die Wirksamkeit oder Effektivität der Maßnahmen ergibt sich einerseits aus ihrem Wirkungsbeitrag, andererseits aus ihrer Treffgenauigkeit. Beide Aspekte werden daher hier in einem Kapitel gemeinsam betrachtet (Tabelle 15 und Abbildung 7).

#### *Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen*

Die Abbildung 7 vermittelt einen Überblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung: 21 % der Schlagfläche Hessens sind als besonders erosions-

gefährdete Gebiete einzuschätzen (Gefährdungsstufen ‚erhöht‘, ‚stark‘ und ‚sehr stark‘). Von den knapp 214.000 ha Maßnahmenfläche mit Erosionsschutzwirkung liegen 29 % innerhalb dieser sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau<sup>14</sup> im Sinne der durchgeführten Analyse Untersuchung zu bewerten. Sie decken damit 37 % der besonders erosionsgefährdeten Schlagfläche ab.

**Abbildung 7:** Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf erosionsgefährdeten Flächen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Tabelle 15 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 besonders erosionsgefährdeter Gebiete liegt in Prozent. Maßnahmen, für die ein Bodenschutzziel<sup>15</sup> vorgegeben ist, sind durch einen Punkt markiert.

Keine der untersuchten Maßnahmen hat eine spezifische Förderkulisse im Hinblick auf Bodenschutzaspekte, die Einfluss auf die Treffgenauigkeit nehmen könnte. Bedeutsam ist jedoch, dass die beiden zur Halbzeit eingeführten Maßnahmen MDM-Verfahren und Winterbegrünung nur ein Jahr zur Beantragung geöffnet waren. Die Winterbegrünung ist darüber hinaus ausschließlich an Betriebe mit Ökolandbauförderung gebunden.

<sup>14</sup> Die Treffgenauigkeit liegt somit nur geringfügig über der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

<sup>15</sup> Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht immer explizit ‚Erosionsschutzziele‘ formuliert wurden. Zur Diskussion dieser Problematik sei auf das Kapitel 2.2 verwiesen.

**Tabelle 15:** Wirksamkeit der Maßnahmen mit Beitrag zum Erosionsschutz

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffer- fläche <sup>1)</sup> ha	Nicht- Trefferfläche <sup>2)</sup> ha	Treff- genauigkeit <sup>3)</sup> %
<b>mit ++ Wirkung</b>						
MDM-Verfahren	M	•	++	7.616	53.536	12
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>7.616</b>	<b>53.536</b>	<b>12</b>
<b>mit + Wirkung</b>						
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		+	8.618	13.711	39
Grünlandextensivierung	f1-B	•	+	30.680	51.965	37
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		+	824	1.588	34
Ökolandbau	f1-A	•	+	13.164	29.865	31
Winterbegrünung	P	•	+	407	1.973	17
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>53.693</b>	<b>99.101</b>	<b>35</b>
<b>Summe/Durchschnitt gesamt</b>				<b>61.309</b>	<b>152.636</b>	<b>29</b>

1) Maßnahmen auf Erosionsstufen erhöht, stark, sehr stark.

2) Maßnahmen außerhalb sensibler Flächen.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Tabelle zeigt, dass die Maßnahmen, für die Bodenschutzziele formuliert wurden, nicht über die besten Treffgenauigkeiten verfügen. Dazu zählen auch die MDM-Verfahren (als besonders flächenstarke Maßnahme) und die Winterbegrünung, die mit Abstand die schlechteste Treffgenauigkeit haben (12 bzw. 17 %). Offensichtlich gelingt keine gezielte Steuerung dieser Maßnahmen in besonders sensible Gebiete. Die vier Maßnahmen mit Bodenschutzzielen umfassen zusammen knapp 85 % der Trefferflächen, haben aber nur eine Treffgenauigkeit von 27 %.

Es ist zu konstatieren, dass die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung in den besonders sensiblen Gebieten mit 29 % insgesamt niedrig liegt. Die beste Treffgenauigkeit erreicht die HELP-Maßnahme Mehrmalige Grünlandnutzung mit 39 % bei einfach positiver [+] Erosionsschutzwirkung; die schlechteste Treffgenauigkeit verzeichnen die MDM-Verfahren mit 12 % bei sehr positiver [++] Erosionsschutzwirkung auf Ackerflächen. Die Maßnahmen auf Grünland haben eine deutlich bessere Treffgenauigkeit als die ackerbaulichen Maßnahmen<sup>16</sup>, was sich vor dem Hintergrund der Nutzungsverteilung in den besonders sensiblen Gebieten erklären lässt (vgl. Kap. 3.1.1): Die Grünlandnutzung stellt 61 %, die Ackernutzung 38 % der Nutzungstypen. Da 21 % der LF in

<sup>16</sup> In steilen Hanglagen ist Grünland als standortadäquate Nutzungsform anzusehen. Auch deshalb sind auf solchen Flächen weniger ackerbauliche Maßnahmen zu erwarten.

Hessen als besonders sensible Gebiete klassifiziert wurden, müssten bei einer zufälligen Verteilung aller Maßnahmen annähernd ähnliche Treffgenauigkeiten erzielt werden. Vor diesem Hintergrund können zumindest den Maßnahmen MDM-Verfahren und Winterbegrünung ausgesprochen schlechte Treffgenauigkeiten in den besonders gefährdeten Lagen bescheinigt werden<sup>17</sup>.

Die beiden anderen flächenstarken Maßnahmen Grünlandextensivierung und Ökolandbau treffen mit 37 bzw. 31 % ihrer Maßnahmenfläche die sensiblen Gebiete. Ihre Treffgenauigkeit ist zwar relativ betrachtet überdurchschnittlich (gemessen am Gesamtdurchschnitt), kann aber absolut nur als „mittel“ bezeichnet werden, zumal für diese Maßnahmen Ressourcenschutzziele (jedoch nicht ausschließlich Bodenschutzziele) formuliert wurden.

Ähnliche Aussagen gelten für die beiden HELP-Grünlandmaßnahmen (f2-LP1 und f2-LP2), die jedoch ausschließlich Biodiversitätsziele verfolgen und deren bodenschützende Wirkung daher als positiver Nebeneffekt zu interpretieren ist.

### ***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 Schlägen in Erinnerung rufen (letzte Zeile der Tabelle 16): Die erosionsgefährdeten Flächen machen zusammen nur einen Anteil von 21 % der Schlagfläche aus. Davon liegen die Anteile der Gefährdungsstufe ‚erhöht‘ bei 14,7 %, der Stufe ‚stark‘ bei 5,5 % und der Stufe ‚sehr stark‘ bei nur 1,0 %.

Entsprechend der Gesamttreffgenauigkeit von knapp 29 % liegt die Treffgenauigkeit auf den einzelnen Gefährdungsstufen ebenfalls leicht über ihrem jeweiligen Flächenanteil an der Schlagfläche. Die Gesamt-Treffgenauigkeit speist sich überwiegend aus der Treffgenauigkeit der ‚erhöht‘ erosionsgefährdeten Flächen.

‚Sehr stark‘ erosionsgefährdete Flächen werden besonders gut durch die Mehrmalige Grünlandnutzung erreicht, auch die anderen beiden Grünlandmaßnahmen spielen hier noch eine gewisse Rolle. Damit werden auf diesen Flächen insbesondere ‚Erhaltungszie-

---

<sup>17</sup> Da mit MDM-Verfahren großflächig Erosionsschutzziele verfolgt wurden, ist auch ein Blick auf die Verteilung der ‚Nichttrefferflächen‘ sinnvoll. Es zeigt sich, dass weitere rund 70 % der Förderfläche auf schwach (37 %) bis mäßig (33 %) erosionsgefährdeten Feldblöcke liegen. Es ist davon auszugehen, dass auf diesen Flächen gemäß den von Richtscheid (1998) getroffenen Einschätzungen durchaus eine Erosionsschutzwirkung durch Mulchsaat erzielt werden kann. Lediglich 17 % der Förderflächen entfallen auf die Gefährdungsstufe E1 (keine bis beginnende Erosionsgefährdung), bei Winterbegrünung sind es sogar nur 13 % der Förderfläche (E2=45 %, E3=42%).

le' verwirklicht. Vorsorgeziele im Bereich des Ackerbaus spielen keine bzw. eine unterdurchschnittliche Rolle.

**Tabelle 16:** Differenzierte Betrachtung der Treffgenauigkeit im Erosionsschutz

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffgenauigkeit auf den Erosionsgefährdungsstufen [%]			
				erhöht	stark	sehr stark	Gesamt
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		+	20,9	13,9	3,9	38,6
Grünlandextensivierung	f1-B	•	+	22,9	11,9	2,3	37,1
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		+	21,1	10,9	2,1	34,2
Ökolandbau	f1-A	•	+	20,7	8,4	1,5	30,6
Winterbegrünung	P	•	+	15,0	2,0	0,0	17,1
MDM-Verfahren	M	•	++	11,0	1,4	0,0	12,5
<b>Gesamt</b>				<b>18,7</b>	<b>8,3</b>	<b>1,7</b>	<b>28,7</b>
<b>Zum Vergleich:</b>							
<b>Anteile der Gefährdungsstufen an der Schlagfläche</b>				<b>14,7</b>	<b>5,5</b>	<b>1,0</b>	<b>21,1</b>

Quelle: Eigene Darstellung.

„Stark“ erosionsgefährdete Flächen werden ebenfalls durch die drei Grünlandmaßnahmen geschützt bzw. ein vorhandener Erosionsschutz erhalten. Die obigen Aussagen treffen somit auch auf diese Gefährdungsklasse zu. In beiden Gefährdungsstufen entspricht damit die erzielte Erosionsschutzwirkung durch Nutzungen mit permanenter Vegetationsdecke den Empfehlungen durch Richtscheid (1998).

„Erhöht“ erosionsgefährdete Flächen werden vergleichsweise gut durch die Winterbegrünung und die MDM-Verfahren erreicht. Im Gegenzug spielen diese Maßnahmen auf den „stark“ und „sehr stark“ gefährdeten Flächen nur eine marginale Rolle. Damit wird deutlich, dass sich ackerbauliche Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung auf die am wenigsten sensiblen Gebiete konzentrieren. Dieser Sachverhalt kann wiederum z. T. durch die Nutzungsverteilung in den sensiblen Gebieten erklärt werden (vgl. oben). Außerdem ist zu erwarten, dass Standorte mit stärkerer Erosionsgefährdung respektive auch stärkerer Hangneigung bevorzugt als Grünland genutzt werden. Diese Aspekte relativieren die schlechte Treffgenauigkeit der ackerbauliche Maßnahmen (s.u.).

Der Ökolandbau als betriebliche Maßnahme, die sowohl auf Acker-, als auch auf Grünlandflächen durchgeführt wird, nimmt in allen Gefährdungsklassen eine Mittelstellung ein.

Die Maßnahmen, die auf erosionsgefährdeten **Ackerflächen**<sup>18</sup> durchgeführt werden, umfassen mit 8.000 ha 13 % der Trefferflächen; die Treffgenauigkeit liegt damit deutlich unter dem Durchschnitt aller Maßnahmen. Der Schutzbeitrag verteilt sich auf eine Maßnahme mit positiver [+] und eine mit sehr positiver [++] Wirkung. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen auf besonders sensiblen Ackerflächen liegt mit 13 % deutlich unter dem Ackerflächenanteil von 38 % in den besonders sensiblen Gebieten und damit unter dem zu erwartenden statistischen Anteil.

Dabei besteht potenziell ein ausreichender Maßnahmenumfang für besonders sensible Ackerbaugebiete: Nach den Förderdaten von 2005 stehen maximal ca. 63.500 ha Fördermaßnahmen auf Ackerflächen zur Verfügung. Demgegenüber stehen nur 63.000 ha besonders erosionssensible Ackerflächen. Somit könnten bei einem 100-prozentig treffgenauen Einsatz der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung alle besonders sensiblen Flächen erreicht werden. Dafür wäre eine bessere räumliche Steuerung der Maßnahmen erforderlich.

### *Flächenanteile der Maßnahmen in besonders sensiblen Gebieten*

Die Aussagen zur Treffgenauigkeit werden durch die Berechnung der Flächenanteile<sup>19</sup> der Maßnahmen in den besonders erosionsgefährdeten Gebieten ergänzt. Aus der Darstellung der Flächenanteile in den besonders erosionsgefährdeten Gebieten lässt sich der Beitrag einzelner Maßnahmen aus dem Gesamtmix der wirksamen Maßnahmen ablesen.

Überdurchschnittliche Flächenanteile haben demnach die zwei Maßnahmen Grünlandextensivierung und Ökolandbau. Alle anderen Maßnahmen tragen nur in untergeordnetem Flächenumfang zum Erosionsschutz in diesen Gebieten bei. Unter der Maßgabe möglichst zielgerichtet in besonders gefährdeten Lagen Erosionsschutz zu betreiben, wären demnach derzeit die Maßnahmen f1-B und f1-A zu präferieren.

---

<sup>18</sup> Es wurden nur die beiden Maßnahmen MDM-Verfahren und Winterbegrünung angerechnet. Flächen des Ökolandbaus kommen noch hinzu, vgl. auch Fußnote 17.

<sup>19</sup> Flächenanteile der Maßnahmen werden folgendermaßen berechnet: [Fläche der Einzelmaßnahme im sensiblen Gebiet]/[Fläche aller Maßnahmen im sensiblen Gebiet] \* [100].

**Tabelle 17:** Flächenanteile der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung in erosionsgefährdeten Gebieten

Maßnahme	Code	Ziel	Flächenanteile im sensiblen Gebiet [%]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	50,04
Ökolandbau	f1-A	•	21,47
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		14,06
MDM-Verfahren	M	•	12,42
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		1,34
Winterbegrünung	P	•	0,66
<b>Durchschnitt</b>			<b>16,67</b>

Quelle: Eigene Darstellung.

### 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 Euro/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.

Andererseits wird deutlich, dass sich durch die Berücksichtigung des Korrekturfaktors das Ranking der Maßnahmen untereinander verschiebt. Ein Beispiel dafür sind die MDM-Verfahren und die Winterbegrünung, die bei Betrachtung des durchschnittlichen Beihilfesatzes die günstigsten Maßnahmen sind, bei Berücksichtigung des Korrekturfaktors jedoch auf den dritten bzw. vierten Platz rutschen. Auch sind die absoluten Unterschiede zwischen der Maßnahme mit dem günstigsten Input-Outputverhältnis mit 23 Euro/ha und der Winterbegrünung mit 70 Euro/ha nicht unerheblich.

Bei der Interpretation der Beihilfesätze ist grundsätzlich zu beachten, dass „spezifische“ Maßnahmen, d. h. solche mit stark differenzierter Problemorientierung (und häufig mit

begrenzten Förderkulissen ausgestattet), im Allgemeinen nur mit deutlich höheren Prämiensätzen Akzeptanz bei den Landwirten finden, als solche mit „unspezifischer“ Breitenwirkung. Auch sind Maßnahmen auf dem Grünland i. d. R. „günstiger“ als Maßnahmen auf dem Ackerland, da seitens der AUM mit unterschiedlichen Deckungsbeiträgen konkurriert werden muss. Die Wirkungsseite kann sich hingegen (muss sich aber nicht) anders darstellen: I. d. R. haben „spezifische“ Maßnahmen eine bessere Ressourcenschutzwirkung und höhere Treffgenauigkeit in Bezug auf das angestrebte Ziel bzw. die anvisierte Ressourcenschutzwirkung. Teure Maßnahmen sind daher nicht grundsätzlich schlecht zu bewerten bzw. günstige Maßnahmen nicht immer zu bevorzugen.

**Tabelle 18:** Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung bei Schutzgut ...				Beihilfesatz	
			Wasser	Luft	Biodiversität	Landschaft	Durchschnitt [Euro/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [Euro/ha]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	x	x	x	x	91	23
Ökolandbau	f1-A	•	x	x	x	x	145	36
MDM-Verfahren	M	•	x				60	60
Winterbegrünung	P	•	x				70	70
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		x		x	x	263	88
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		x		x	x	299	100
<b>Anzahl/Durchschnitt</b>			<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>155</b>	<b>63</b>

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Die hier betrachteten Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung haben umfangreiche weitere Wirkungen auf die Schutzgüter Wasser, Biodiversität und Landschaft. Die Berücksichtigung des Korrekturfaktors ‚Multifunktionalität‘ zeigt daher deutlich niedrigere Beihilfesätze je Hektar Förderfläche als der durchschnittliche Beihilfesatz ohne Korrekturfaktor.

Drei der sechs Maßnahmen liegen unter dem Mittelwert von 63 Euro/ha. Sie haben somit eine überdurchschnittlich gute Input-Outputrelation. Alle diese Maßnahmen haben Bodenschutzziele. Die Maßnahmen mit bestehender Förderkulisse für andere Schutzziele (f2-LP1 und f2-LP2) zählen zu den Maßnahmen mit ungünstigerem Input-Outputverhältnis. Die großen horizontalen Maßnahmen zeigen tendenziell ein günstigeres Input-Outputverhältnis.

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 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 19). Die Winterbegrünung findet zwar ausschließlich Anwendung in Kombination mit dem Ökolandbau, wird hier jedoch als separate Maßnahme betrachtet. Beide Wirkungseinschätzungen fallen einfach positiv [+] aus, in der Kombination der Maßnahmen kann daher auch eine sehr positive [++] Wirkung entstehen.

**Tabelle 19:** Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation <sup>1)</sup>	Ranking	Wirkung [+, ++]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	2,17	1	+
Ökolandbau	f1-A	•	1,12	2	+
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		0,55	3	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		0,55	4	+
Winterbegrünung	P	•	0,52	5	+
MDM-Verfahren	M	•	0,44	6	++
<b>Durchschnitt</b>	<b>alle Maßnahmen</b>		<b>0,89</b>		
	<b>++ Maßnahmen</b>		<b>0,44</b>		
	<b>+ Maßnahmen</b>		<b>0,98</b>		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Berechnung.

Es wird deutlich, dass nur zwei der sechs Maßnahmen eine überdurchschnittlich gute Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen, beide mit Bodenschutzzielen. Sie liegen mit Werten von 1,12 bis 2,17 deutlich über dem Schnitt von 0,89. Beide Maßnahmen haben lediglich einfach positive [+] Wirkungseinschätzungen.

Die Maßnahme MDM-Verfahren mit sehr positiver Wirkung [++] hat eine unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation von 0,44 und liegt auf dem letzten Platz des Rankings. Die Maßnahme hat ein vergleichsweise ungünstigeres Input-Outputverhältnis, und geringere Flächenanteile in den sensiblen Gebieten. Der durchschnittliche Wert der einfach positiv [+] bewerteten Maßnahmen liegt mit 0,98 wesentlich besser und leicht über dem Gesamtdurchschnitt. In dieser Gruppe befinden sich andere flächenstarke Maßnahmen, was Einfluss auf das Ergebnis hat. Der Durchschnittswert der vier Maßnahmen mit Bodenschutzziel liegt bei 1,06 und damit über dem Gesamtschnitt, was aber aus-

schließlich auf das gute Abschneiden der Grünlandextensivierung und des Ökolandbaus zurückzuführen ist.

Die Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabelle 20) 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.

**Tabelle 20:** Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 29 %]	Flächenanteile [>= 16,67 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 63 Euro/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 0,8]
1	● M	f2-LP2	● f1-B	● f1-B	● f1-B
2		● f1-B	● f1-A	● f1-A	● f1-A
3		f2-LP1		● M	
4		● f1-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.

Es wird deutlich, dass die Grünlandextensivierung (f1-B) und der Ökolandbau (f1-A) sowohl in ihrer Treffgenauigkeit, Flächenrelevanz, als auch aufgrund ihrer Kosten-Wirksamkeitsrelation im Vergleich sehr gut abschneiden. Allerdings haben diese Maßnahmen nur eine einfach positive [+] Erosionsschutzwirkung. Beiden Maßnahmen kommt eher eine Schutzfunktionen erhaltende Bedeutung zu, wobei der Ökolandbau allerdings auch Ackerflächen umfasst und dort Vorsorgeziele im Erosionsschutz verwirklicht, insbesondere in Kombination mit der Winterbegrünung (P). Im bestehenden Maßnahmenpektrum kommt diesen Maßnahmen die größte Bedeutung zur Erhaltung erosionsmindernder Nutzungen zu.

Die MDM-Verfahren (M) haben als einzige Maßnahme eine sehr positive [++] Wirkungseinschätzung, auch ihr Input-Outputverhältnis ist noch überdurchschnittlich gut. Aufgrund geringer Flächenrelevanz und sehr schlechter Treffgenauigkeit werden sie insgesamt aber mit einem unterdurchschnittlichen Kosten-Wirksamkeitsverhältnis bewertet. Bei der derzeitigen Ausgestaltung der Maßnahme ist keine Empfehlung für ihren Einsatz im Erosionsschutz auszusprechen. Es ist dringend eine räumliche Steuerung der Maßnahme erforderlich.

Die Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes (f2-LP1, f2-LP2) erlangen zwar ebenfalls überdurchschnittliche Treffgenauigkeiten, schneiden bei den anderen Bewertungskriterien aber unterdurchschnittlich ab. Sie verfolgen keine Bodenschutzziele und entziehen sich vor diesem Hintergrund einer abschließenden Bewertung.

### ***Zusammenfassende Betrachtung***<sup>20</sup>

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die sechs Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung mit 29 % insgesamt nur eine mittlere Treffgenauigkeit bezogen auf besonders erosionsgefährdete Flächen (Erosionsgefährdung ;erhöht' bis ,sehr stark') erreichen,
- die Maßnahmen mit überdurchschnittlicher Treffgenauigkeit vorrangig Erosionsschutz erhaltende Wirkung haben (Grünlandmaßnahmen),
- die ackerbaulichen Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung mit 12 bzw. 17 % eine deutlich unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit haben; es werden damit nur knapp 13 % der besonders sensiblen Ackerflächen erreicht (allerdings entfallen nur 17 bzw. 13 % der Förderflächen auf Feldblöcke ohne jegliche Erosionsgefährdung),
- der geförderte Flächenumfang ackerbaulicher Maßnahmen jedoch theoretisch ausreicht, um alle besonders sensiblen Gebiete zu erreichen,
- die einzige Maßnahme mit besonders positiver [++] Wirkung (MDM-Verfahren) mit 12 % eine deutlich unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit erlangt, obwohl ihr Einsatz aus Ressourcenschutzsicht gerade auf den besonders gefährdeten Standorten erforderlich ist. Die Winterbegrünung erreicht in Kombination mit dem Ökolandbau ebenfalls sehr positive Wirkungen, ihre Treffgenauigkeit ist mit 17 % aber ebenfalls gering,
- keine der Maßnahmen eine Förderkulisse im Hinblick auf Erosionsschutzziele hat und die schlechten Treffgenauigkeiten auf die besonders gefährdeten Flächen zumindest teilweise durch fehlende Steuerung erklärt werden können.

## **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 berücksich-

---

<sup>20</sup> vgl. hierzu auch die Anmerkungen in Kapitel 2.2.1 „Erosionsgefährdete Flächen“.

tigt dabei sowohl Emissions- als auch Immissionsdaten im Hinblick auf diffuse Stickstoffeinträge (HMULV, 2004). Zum anderen wird die Effizienz der Maßnahmen vor dem Hintergrund (modellhaft ermittelter) nitratwaschungsgefährdeter Gebiete (Forschungszentrum Jülich, 2007; Kunkel, 2006) untersucht. Die Modellierung des Forschungszentrum Jülich nimmt damit quasi eine ‚vermittelnde Stellung‘ zwischen den Emissionen (N-Bilanz) und den Immissionen (Nitrat im Grundwasser) ein.

### **3.2.1 Problemlage in Hessen**

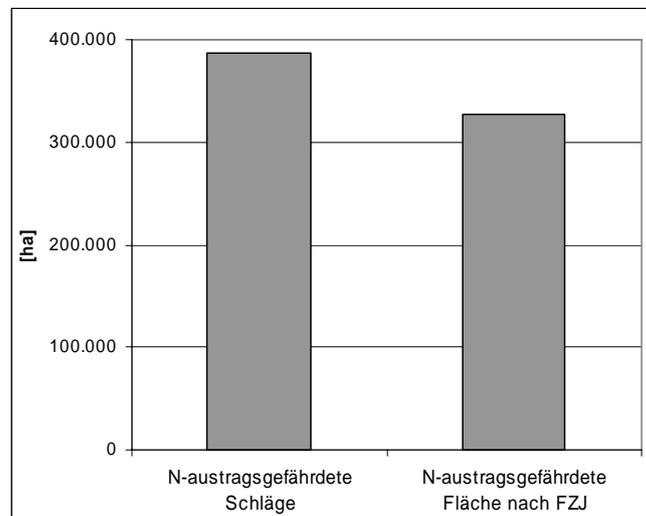
#### ***Zielsetzung des Entwicklungsplanes***

Als relevante Zielaussage im EPLR zum Schutz der Gewässerqualität kann wiederum nur die allgemeine Zielsetzung ‚Schutz und Verbesserung der Situation der abiotischen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft)‘ herangezogen werden. Allerdings verfolgt die Teilmaßnahme der extensiven Grünlandnutzung „extensive Grünlandnutzung zum Schutz des Grundwassers in der Region Vogelsberg“ (f1-B1.1, hier subsummiert in f1-B) explizite Grundwasserschutzziele. Bei den neu eingeführten Modulationsmaßnahmen stimmt die Zielsetzung ‚Schutz und Verbesserung des Grundwassers‘ bei der Maßnahme Winterbegrünung/Untersaaten mit den im Folgenden besprochenen Fragestellungen hingegen vollständig überein. Die MDM-Verfahren verfolgen hingegen kein Grundwasserschutzziel, obwohl sie gute Wirkungen entfalten können. Die Vertragsnaturschutzmaßnahmen setzen Auflagen zur Verringerung von Produktionsmitteln ein, um biotische Ziele zu erreichen.

#### ***Nitratwaschungsgefährdete Flächen***

Die nitratwaschungsgefährdeten Flächen Hessens werden anhand der Auswertungen des Forschungszentrums Jülich (FZJ) beschrieben (Kunkel, 2006) (Karte A2). Es erfolgt eine einheitliche Wertzuweisung je Schlag, wodurch sich die Anteile nitratwaschungsgefährdeter Flächen im Vergleich zum Ausgangsdatenbestand verschieben (zum Vorgehen vgl. Kapitel 2.2). Die Konsequenzen des Vorgehens für die Flächenbilanz der Nitratwaschungsgefährdung werden in Abbildung 8 veranschaulicht.

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



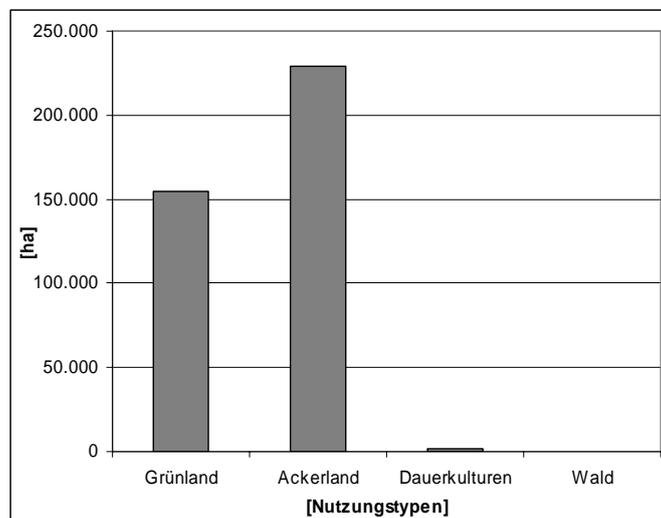
Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Forschungszentrum Jülich (FZJ)(Kunkel, 2006) und InVeKoS-GIS.

Der Vergleich der beiden Darstellungsmöglichkeiten zeigt, dass durch einheitliche Wertbildung auf Schlägebene deutlich mehr Fläche als nitratauswaschungsgefährdet ausgewiesen wird, als durch die Originalquelle nach Kunkel (2006). Auf die Landesfläche bezogen ergibt sich eine Differenz von gut 60.000 ha oder 16 Prozentpunkten. Methodisch bedingt wird somit die Treffgenauigkeit der Maßnahmen überschätzt.

Im Folgenden wird die Verteilung nitratauswaschungsgefährdeter Flächen auf Schlägebene in Hessen näher beschrieben. Die gut 387.000 ha auswaschungsgefährdeten Schläge haben einen Anteil von ca. 48 % an der LF Hessens, das entspricht rund 18 % der Landesfläche.

Wird die Nutzungsverteilung nach FNN auf den auswaschungsgefährdeten Flächen analysiert (Abbildung 9), so zeigt sich, dass mit Abstand die meisten nitratauswaschungsgefährdeten Flächen unter Ackernutzung liegen (59 % aller Nutzungstypen). Grünland nimmt 41 % der nitratauswaschungsgefährdeten Schläge ein, Dauerkulturen und Wald (Erstaufforstung u. ä.) spielen mit zusammen 2.000 ha in der Flächenbilanz eine marginale Rolle (vgl. hierzu auch die Beschreibung der Datengrundlagen in Kapitel 2.1).

**Abbildung 9:** Verteilung von Nutzungstypen auf nitrat- auswaschungsgefährdeten (FZJ) Schlägen in Hessen



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

Das Grundwasserbelastungspotenzial von Ackerflächen ist im Regelfall höher einzuschätzen als das von Grünlandflächen. Daher liegt ein besonderes Augenmerk auf den rund 230.000 ha Ackerflächen, die in nitrat- auswaschungsgefährdeten Gebieten liegen.

### ***Grundwasserkörper mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung***<sup>21</sup>

Die in der erstmaligen Beschreibung des chemischen Zustands erfassten Grundwasserkörper (GWK) mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung nehmen über 61 % der Landesfläche ein (vgl. Tabelle 21, Karte A-3). Durch die Verschneidung mit dem InVeKoS-GIS werden die Schläge und Teilschläge unter landwirtschaftlicher Nutzung ermittelt, die auf GWK mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung liegen. Es sind knapp 549.000 ha, die 26 % der Landesfläche oder fast 70 % 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.

<sup>21</sup> Darstellung auf der Grundlage von Daten und mit Erlaubnis des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden.

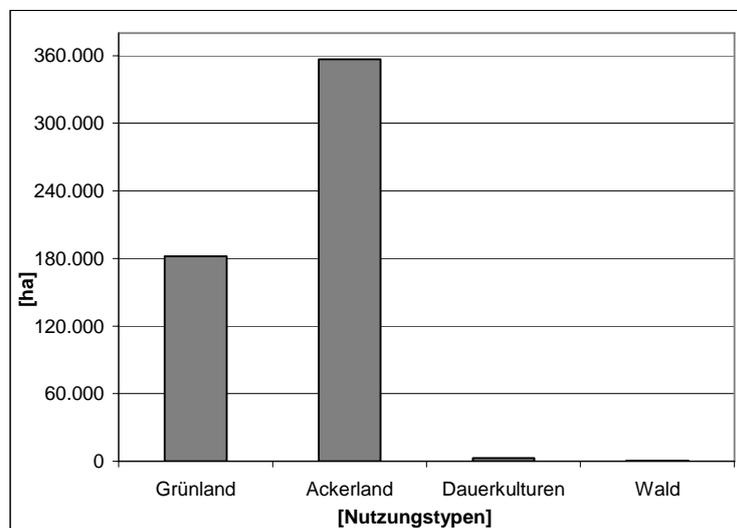
**Tabelle 21:** Schläge und Grundwasserkörper mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung

	Fläche [ha]	Anteile an der Landesfläche [%]	Anteile an der LF <sup>1)</sup> [%]
GWK mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung	1.290.952	61,1	--
Schläge auf GWK mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung	548.660	26,0	69,3

GWK = Grundwasserkörper 1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblock bzw. Schlagfläche des InVeKoS-GIS.

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

Wird die Nutzungsverteilung nach FNN auf den GWK mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung analysiert (Abbildung 10), so zeigt sich noch deutlicher als bei den nitrat- auswaschungsgefährdeten Flächen (FZJ), dass mit Abstand die meisten sensiblen Flächen unter Ackernutzung liegen (66 % aller Nutzungstypen oder 356.600 ha). Grünland nimmt knapp 34 % der sensiblen Schläge ein, andere Nutzungen spielen mit zusammen 3.160 ha in der Flächenbilanz eine marginale Rolle.

**Abbildung 10:** Verteilung von Nutzungstypen auf Grundwasserkörpern mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung nach WRRL

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von InVeKoS-GIS, FNN und HLUG (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 Grundwasserschutz.

Wie bereits im Kapitel 2.2 ausführlich dargestellt, muss eine Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung die Zielsetzungen der Maßnahmen berücksichtigen. In der Tabelle 22 sind die Maßnahmen mit Grundwasserschutzzielen mit einem Punkt markiert. Wie in Kapitel 3.2.1 geschildert kann jedoch nicht immer eindeutig unterschieden werden, ob es sich um Grundwasserschutzziele oder andere Wasserschutzziele handelt. Auch müssen an dieser Stelle Zielangaben aufgeführt werden, die globaler gehalten sind („abiotischer Ressourcenschutz“).

**Tabelle 22:** Grundwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen

Maßnahme	Code	Maßnahmen, die zum Schutz vor Nitratreinträgen <sup>1)</sup> in das Grundwasser beitragen	
		Ziel	Wirkung
Ökolandbau	f1-A	●	++A, +G
Grünlandextensivierung	f1-B	●	+
MDM-Verfahren	M	—	+
Winterbegrünung	P	●	++
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1	—	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2	—	++
Ext. Nutzung in Schutzgebieten	f2-LP3	—	0
Ackerschonflächen	f2-LP4	—	++
Besondere Lebensräume	f2-LP5	—	0

1) Sowohl für die auswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen (Kunkel, 2006), als auch für die GWK der WRRL mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung (HLUG, 2006) sind hier nur die Nitratreinträge von Interesse.

**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.

Für die im Rahmen der Modulation eingeführte Maßnahme Winterbegrünung (P) wurde ebenso explizit ein Grundwasserschutzziel formuliert (vgl. Änderungsanträge 2003 und 2004), wie für die Teilmaßnahme der extensiven Grünlandnutzung in der Region Vogelsberg (Teil von f1-B mit knapp 6.100 ha in 2004), während sich die Ziele der anderen (Teil-) Maßnahmen allgemein auf den abiotischen Ressourcenschutz erstrecken.

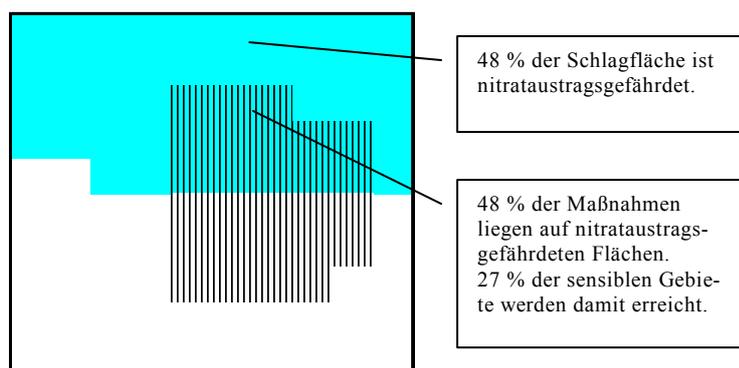
### 3.2.3 Wirksamkeit (Effektivität) der Maßnahmen

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 23 und Abbildung 11).

#### *Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen auf nitrat- auswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen*

Die Abbildung 11 vermittelt einen Überblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Wirkung gegen Nitrat- auswaschung: 48 % der Schlagfläche Hessens sind als nitrat- auswaschungsgefährdete sensible Gebiete einzuschätzen. Von den knapp 214.000 ha Maßnahmenfläche mit Wirkung gegen Nitrat- auswaschung liegen ebenfalls 48 % inner- halb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau<sup>22</sup> zu bewerten. Sie decken 27 % der nitrat- auswaschungsgefährdeten Schlagfläche ab.

**Abbildung 11:** Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf nitrat- auswaschungsgefährdeten Flächen



Quelle: Eigene Darstellung .

Die Tabelle 23 ermöglicht eine differenziertere Darstellung unter Berücksichtigung der Wirkung. Dargestellt sind einerseits die absolute Maßnahmenfläche in Hektar, die innerhalb nitrat- auswaschungsgefährdeter 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 keine speziellen Förderkulissen vorgesehen, die sich auf die Treffgenauigkeit der Maßnahmen auswirken könnten. Allerdings kann die Treffgenauigkeit der Maßnahme Winterbegrünung (P) durch ihre Bindung an den Ökolandbau beein-

<sup>22</sup> Die Treffgenauigkeit liegt damit genau in der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

flusst werden. 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.

Es wird deutlich, dass die Maßnahmen unabhängig von ihrer Zielsetzung sehr unterschiedliche Treffgenauigkeiten aufweisen. Das gilt für flächenstarke Maßnahmen (f1-A, f1-B, M, f2-LP2) genauso wie für flächenschwache Maßnahmen. Die drei Maßnahmen<sup>23</sup> mit Grundwasserschutzzielen umfassen zusammen fast 62 % der Trefferfläche, ihre Treffgenauigkeit liegt mit 49 % im Durchschnitt aller Maßnahmen (der Median liegt bei 45 %). Die Analyse für die flächenstarken Maßnahmen kommt zu ähnlichen Resultaten für die Treffgenauigkeit, ihre Förderflächen machen 98 % des Trefferflächenumfangs aus.

**Tabelle 23:** Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitrat- auswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Maßnahmen	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffer- fläche <sup>1)</sup> [ha]	Nicht- Trefferfläche <sup>2)</sup> [ha]	Treff- genauigkeit <sup>3)</sup> [%]
<b>mit ++ Wirkung</b>						
Ökolandbau Acker	f1-A	•	++	10.230	4.270	71
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		++	10.647	11.682	48
Winterbegrünung	P	•	++	910	1.470	38
Ackerschonflächen	f2-LP4		++	22	38	36
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>21.808</b>	<b>17.461</b>	<b>56</b>
<b>mit + Wirkung</b>						
Grünlandextensivierung	f1-B	•	+	42.304	40.341	51
MDM-Verfahren	M		+	27.859	33.293	46
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		+	1.069	1.342	44
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	+	9.931	18.597	35
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>81.163</b>	<b>93.573</b>	<b>46</b>
<b>Summe/Durchschnitt gesamt</b>				<b>102.971</b>	<b>111.034</b>	<b>48</b>

1) Maßnahmen auf nitrat- auswaschungsgefährdeten Flächen.

2) Maßnahmen außerhalb nitrat- auswaschungsgefährdeter Flächen.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Treffgenauigkeit der Maßnahmen liegt mit 35 bis 71 % auf den ersten Blick recht hoch, der Durchschnitt aller Maßnahmen bei 48 %; d. h. fast die Hälfte der Maßnahmen

<sup>23</sup> Der Ökolandbau wird hier getrennt nach Acker- und Grünlandflächen bewertet, da sie unterschiedliche Wirkungen entfalten.

treffen in sensible Gebiete, obwohl keine räumliche Lenkung über Kulissen erfolgt. Vor dem Hintergrund, dass 48 % der LF als sensibles Gebiet einzustufen ist, liegt die durchschnittliche Treffgenauigkeit jedoch lediglich in der statistisch zu erwartenden Größenordnung und lässt damit keinerlei positiv oder negativ zu interpretierende Besonderheiten erkennen.

Der Durchschnitt der Maßnahmen mit positiver [+] Wirkung liegt mit 46 % deutlich unter dem der Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung (56 %) und im Bereich des Gesamtdurchschnitts. Sie umfassen zusammen mit über 81.000 ha 79 % der Trefferflächen. Ihre Treffgenauigkeit kann weder als gut noch als schlecht bezeichnet werden.

Die Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++] erreichen hingegen eine überdurchschnittlich gute Treffgenauigkeit. Insbesondere der Ökolandbau auf Ackerfläche ist mit 71 % Treffgenauigkeit hervorzuheben. Die Maßnahme Winterbegrünung mit expliziten Grundwasserschutzzielen, die an den Ökolandbau auf Ackerflächen gebunden ist, schneidet mit 38 % Treffgenauigkeit hingegen unterdurchschnittlich ab.

Die Maßnahmen, die auf auswaschungssensiblen **Ackerflächen** durchgeführt werden, umfassen ca. 39.000 ha<sup>24</sup>, haben aber eine leicht überdurchschnittliche Treffgenauigkeit von 50 %. Sie erzielen mit einer Ausnahme einen sehr positiven [++] Wirkungsbeitrag. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen in sensiblen Ackerbaugebieten weicht mit 50 % vom Ackerflächenanteil von 59 % in den sensiblen Gebieten ab und liegt unter der statistisch zu erwartenden Verteilung. Vor diesem Hintergrund muss den Maßnahmen auf Ackerland im Hinblick auf ihre Grundwasserschutzwirkung (Reduzierung der Nitratauswaschung)

- erstens eine ungenügende Flächendeckung bescheinigt werden (potenziell könnten nach den Förderdaten von 2005 ca. 78.000 ha Maßnahmen für den Grundwasserschutz auf Ackerflächen wirksam werden, es sind jedoch 230.000 ha Ackerfläche auswaschungsgefährdet; das entspricht einem maximalen theoretischen Deckungsgrad von 34 %);
- zweitens eine nur mittlere Treffgenauigkeit bescheinigt werden (die Treffgenauigkeit der Ackermaßnahmen liegt mit 50 % zwar leicht über dem Durchschnitt aller Maßnahmen, erreicht aber nicht einmal den Flächenanteil sensibler Ackerflächen an der LF);
- drittens angelastet werden, dass keine Förderkulissen für den Grundwasserschutz vorgesehen wurden.

---

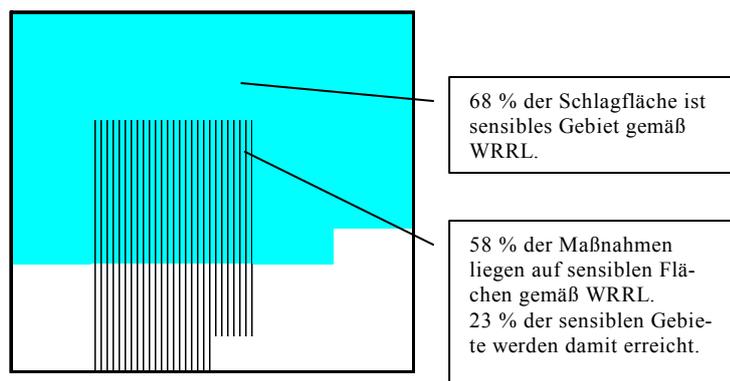
<sup>24</sup> Es wurden nur eindeutig zuordenbare Maßnahmen angerechnet: f1-A auf Ackerflächen, M, P, f2-LP4.

Es lässt sich als Resümee festhalten, dass die Maßnahmen mit Grundwasserschutzzielen eine geringfügig bessere Treffgenauigkeit entfalten als die Maßnahmen ohne Ziele. Allerdings haben sie in der Summe eine hohe Flächenrelevanz. Die Treffgenauigkeit der besonders relevanten ackerbaulichen Maßnahmen ist nur unwesentlich besser als die der Grünlandmaßnahmen. Die ackerbaulichen Maßnahmen haben darüber hinaus wesentlich weniger Flächenumfang als die Grünlandmaßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung.

### ***Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen auf GWK mit unwahrscheinlicher/unklarer Zielerreichung***<sup>25</sup>

Die Abbildung 12 vermittelt einen Überblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung: 68 % der Schlagfläche Hessens haben eine ‚unwahrscheinliche/unklare‘ Zielerreichung und sind als sensible Gebiete einzuschätzen. Von den knapp 214.000 ha Maßnahmenfläche mit Wirkung gegen diffuse Stoffeinträge liegen 58 % innerhalb der sensiblen Gebiete und sind damit als treffgenau<sup>26</sup> zu bewerten. Sie decken damit 23 % der sensiblen Fläche der WRRL auf der LF ab.

**Abbildung 12:** Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit auf Zielflächen der WRRL



Quelle: Eigene Darstellung .

Die Tabelle 24 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.

<sup>25</sup> Im Folgenden werden die Grundwasserkörper mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung als sensible Gebiete gemäß WRRL oder Zielflächen der WRRL bezeichnet. Die WRRL selbst führt diese Bezeichnungen nicht ein.

<sup>26</sup> Die Treffgenauigkeit liegt damit deutlich unter der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

Für den Grundwasserschutz sind keine speziellen Förderkulissen vorgesehen, die sich auf die Treffgenauigkeit der Maßnahmen auswirken könnten. Allerdings kann die Treffgenauigkeit der Maßnahme Winterbegrünung (P) durch ihre Bindung an den Ökolandbau beeinflusst werden. 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.

Im Vergleich zu den Maßnahmen auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen zeigt sich auf den Zielgebieten der WRRL zunächst einmal eine deutlich höhere Treffgenauigkeit von durchschnittlich 58 % (gegenüber 48 %). Insbesondere die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung haben mit 68 % eine hohe Treffgenauigkeit. Vor dem Hintergrund der Flächenanteile von Schlägen, die in sensiblen Gebieten gemäß WRRL liegen (ebenfalls im Umfang von 68 %), werden diese Ergebnisse jedoch stark relativiert: Die Ergebnisse der Maßnahmen mit sehr positiver Grundwasserschutzwirkung liegen somit im Bereich des Erwartungswertes bei einer zufälligen Verteilung von Maßnahmenflächen. Die Maßnahmen mit einfach positiver [+] Wirkung liegen mit 56 % Treffgenauigkeit unterhalb dieser Größe.

**Tabelle 24:** Wirksamkeit der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf sensiblen Gebieten nach WRRL

Maßnahmen	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Trefferfläche <sup>1)</sup> [ha]	Nicht-Trefferfläche <sup>2)</sup> [ha]	Treffgenauigkeit <sup>3)</sup> [%]
<b>mit ++ Wirkung</b>						
Ökolandbau Acker	f1-A	•	++	12.410	2.090	86
Ackerschonflächen	f2-LP4		++	38	22	63
Winterbegrünung	P	•	++	1.404	976	59
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		++	12.665	9.664	57
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>26.518</b>	<b>12.751</b>	<b>68</b>
<b>mit + Wirkung</b>						
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		+	1.688	723	70
MDM-Verfahren	M		+	41.786	19.366	68
Grünlandextensivierung	f1-B	•	+	43.836	38.809	53
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	+	10.535	17.994	37
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>97.844</b>	<b>76.892</b>	<b>56</b>
<b>Summe/Durchschnitt gesamt</b>				<b>124.363</b>	<b>89.643</b>	<b>58</b>

1) Maßnahmen auf sensiblen GWK gemäß WRRL.

2) Maßnahmen außerhalb von sensiblen GWK gemäß WRRL.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Sehr gute Treffgenauigkeit erzielt der Ökolandbau auf Ackerflächen (86 %). Alle anderen Maßnahmen liegen nahe der zu erwartenden Größenordnung oder darunter.

Die Maßnahme Winterbegrünung (P) mit expliziten Grundwasserschutzzielen erreicht 59 % Treffgenauigkeit und liegt damit leicht über dem Durchschnitt.

Die Maßnahmen, die auf sensiblen **Ackerflächen** (GWK mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung) durchgeführt werden, umfassen ca. 55.600 ha<sup>27</sup> und haben eine deutlich überdurchschnittliche Treffgenauigkeit von 71 %, was insbesondere auf den Ökolandbau zurückzuführen ist. Sie erzielen mit einer Ausnahme einen sehr positiven [++] Wirkungsbeitrag. 69 % der LF sind sensible Gebiete im obigen Sinne, 66 % der sensiblen Flächen werden ackerbaulich genutzt, jedoch sind nur 36 % aller Maßnahmen ackerbauliche Maßnahmen. Das Verhältnis der für den Grundwasserschutz wirksamen und verfügbaren Grünland- und Ackermaßnahmen ist somit nicht der Gefährdungssituation angepasst. 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. 78.000 ha Maßnahmen für den Grundwasserschutz auf Ackerflächen wirksam werden, es sind jedoch 357.000 ha Ackerfläche auswaschungsgefährdet; das entspricht einem maximalen theoretischen Deckungsgrad von 22 %);
- zweitens eine mittlere Treffgenauigkeit bescheinigt werden (die Treffgenauigkeit der Ackermaßnahmen liegt mit 71 % zwar deutlich über dem Durchschnitt aller Maßnahmen, aber nicht wesentlich über dem Flächenanteil sensibler Ackerflächen von 66 %).

Es lässt sich als Resümee festhalten, dass die Maßnahmen mit Grundwasserschutzzielen eine schlechtere Treffgenauigkeit entfalten als die Maßnahmen ohne Ziele. Allerdings haben sie in der Summe eine hohe Flächenrelevanz. Die Treffgenauigkeit der besonders relevanten ackerbaulichen Maßnahmen ist hier mit 71 % – im Vergleich zu den nitrat- auswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen – jedoch deutlich besser als die der Grünlandmaßnahmen mit 51 %. Auch der Anteil der treffgenauen ackerbaulichen Maßnahmen liegt hier mit 45 % deutlich höher (zum Vergleich auf den nitrat- auswaschungsgefährdeten Flächen: 38:62 % Acker-/Grünlandanteil).

---

<sup>27</sup> Es wurden nur eindeutig zuordenbare Maßnahmen angerechnet: f1-A auf Ackerflächen, M, P, f2-LP4.

### ***Flächenanteile der Maßnahmen in sensiblen Gebieten***

Die Aussagen zur Treffgenauigkeit werden durch die Berechnung der Flächenanteile<sup>28</sup> der Maßnahmen in den sensiblen Gebieten ergänzt. Aus der Darstellung der Flächenanteile in den nitratstragsgefährdeten Gebieten bzw. den sensiblen Gebieten gemäß WRRL lässt sich der Beitrag einzelner Maßnahmen aus dem Gesamtmix der grundwasserschutzwirksamen Maßnahmen ablesen (vgl. Tabelle 25).

Aufgrund recht ähnlicher Ergebnisse können die beiden Untersuchungsansätze hier gemeinsam betrachtet werden: Jeweils nur zwei (Teil-)Maßnahmen haben überdurchschnittliche Flächenanteile, eine davon hat ein allgemeines Ressourcenschutzziel. Alle anderen Maßnahmen tragen nur in untergeordnetem Flächenumfang zum Grundwasserschutz bei, darunter drei weitere (Teil-)Maßnahmen mit entsprechenden Zielen. Unter der Maßgabe, möglichst großflächig Grundwasserschutz zu betreiben, wären demnach die Maßnahmen f1-B und M zu präferieren. Der Ökolandbau f1-A nimmt mit Acker- und Grünlandflächen zusammen um die 19 % Flächenanteile ein und ist damit im Ranking die drittgrößte Maßnahme in den sensiblen Gebieten und ebenfalls eine zu präferierende Maßnahme.

**Tabelle 25:** Flächenanteile der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten nach FZJ bzw. WRRL

Maßnahme	Code	Ziel	Flächenanteile im	Flächenanteile im
			nitratstragsgefährdeten Gebiet nach FZJ (Kunkel 2006)	sensiblen Gebiet nach WRRL
			[%]	[%]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	41,08	35,25
MDM-Verfahren	M		27,06	33,60
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		10,34	10,18
Ökolandbau Acker	f1-A	•	9,93	9,98
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	9,64	8,47
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		1,04	1,36
Winterbegrünung	P	•	0,88	1,13
Ackerschonflächen	f2-LP4		0,02	0,03
<b>Durchschnitt</b>			<b>12,50</b>	<b>12,50</b>

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.

<sup>28</sup> Flächenanteile der Maßnahmen werden folgendermaßen berechnet: [Fläche der Einzelmaßnahme im sensiblen Gebiet]/[Fläche aller Maßnahmen im sensiblen Gebiet] \* [100].

### ***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 26 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 Euro/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.

Zur Interpretation der Beihilfesätze vgl. auch die Hinweise in Kapitel 3.1.4 zum Erosionsschutz.

**Tabelle 26:** Zusatznutzen und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung bei Schutzgut ...				Beihilfesatz	
			Boden	Luft	Biodiversität	Landschaft	Durchschnitt [Euro/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [Euro/ha]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	x	x	x	x	91	23
Ökolandbau	f1-A	•	x	x	x	x	145	36
MDM-Verfahren	M		x				60	60
Winterbegrünung	P	•	x				70	70
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		x		x	x	263	88
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		x		x	x	299	100
Ackerschonflächen	f2-LP4		x		x	x	409	136
<b>Anzahl/Durchschnitt</b>			<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>191</b>	<b>73</b>

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Andererseits wird deutlich, dass sich durch die Berücksichtigung des Korrekturfaktors das Ranking der Maßnahmen untereinander verschiebt. Ein Beispiel dafür sind die MDM-Verfahren und die Winterbegrünung, die bei Betrachtung des durchschnittlichen Beihilfesatzes die günstigsten Maßnahmen sind, bei Berücksichtigung des Korrekturfaktors jedoch auf den dritten bzw. vierten Platz rutschen. Auch sind die absoluten Unterschiede zwischen der Maßnahme mit dem günstigsten Input-Outputverhältnis mit 23 Euro/ha und der Winterbegrünung mit 70 Euro/ha nicht unerheblich.

Vier der sieben Maßnahmen liegen unter dem Mittelwert von 73 Euro/ha. Sie haben somit eine überdurchschnittlich gute Input-Outputrelation. Darunter sind alle vier Maßnahmen mit Wasserschutzzielen. Tendenziell zählen die Maßnahmen mit Förderkulissen bzw.

Auswahlkriterien zu den Maßnahmen mit ungünstigerem Input-Outputverhältnis (Vertragsnaturschutzmaßnahmen des HELP). Die großen horizontalen Maßnahmen zeigen tendenziell ein günstigeres Input-Outputverhältnis (Maßnahmen des HEKUL und Modulationsmaßnahmen).

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 27 und 28). Die Winterbegrünung findet zwar ausschließlich Anwendung in Kombination mit dem Ökolandbau, wird hier jedoch als separate Maßnahme betrachtet. Da beide Wirkungseinschätzungen sehr positiv [++] ausfallen, entsteht dadurch keine Bewertungsverzerrung.

**Tabelle 27:** Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation <sup>1)</sup>	Ranking	Wirkung [+, ++]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	1,78	1	+
Ökolandbau Acker	f1-A	•	1,54	2	++
MDM-Verfahren	M		0,96	3	+
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	0,76	4	+
Winterbegrünung	P	•	0,69	5	++
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		0,43	6	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		0,40	7	++
Ackerschonflächen	f2-LP4		0,22	8	++
<b>Durchschnitt</b>	<b>alle Maßnahmen</b>		<b>0,85</b>		
	<b>++ Maßnahmen</b>		<b>0,71</b>		
	<b>+ Maßnahmen</b>		<b>0,98</b>		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Berechnung.

**Tabelle 28:** Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung in sensiblen Gebieten gemäß WRRL

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeitsrelation <sup>1)</sup>	Ranking	Wirkung [+, ++]
Ökolandbau Acker	f1-A	•	1,54	1	++
Grünlandextensivierung	f1-B	•	1,53	2	+
MDM-Verfahren	M		1,19	3	+
Winterbegrünung	P	•	0,88	4	++
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	0,67	5	+
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		0,56	6	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		0,40	7	++
Ackerschonflächen	f2-LP4		0,32	8	++
<b>Durchschnitt</b>	<b>alle Maßnahmen</b>		<b>0,89</b>		
	<b>++ Maßnahmen</b>		<b>0,79</b>		
	<b>+ Maßnahmen</b>		<b>0,98</b>		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Berechnung.

Die Auswertungen für die beiden Untersuchungsansätze (nitrat Auswaschungsgefährdete (FZJ) Flächen und Gebiete mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung gemäß WRRL) zeigen deutliche Parallelen, wenn auch leichte Unterschiede im Ranking der Maßnahmen.

Es zeigt sich, dass in beiden Auswertungen die drei Maßnahmen Ökolandbau auf Ackerflächen, Grünlandextensivierung und MDM-Verfahren eine überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen. In der Auswertung der sensiblen Gebiete nach WRRL liegt die Maßnahme Winterbegrünung nur ganz knapp unter dem Durchschnitt aller Maßnahmen. In Kombination mit dem Ökolandbau auf Ackerflächen, erreicht sie ebenfalls überdurchschnittliche Werte. In beiden Auswertungsansätzen nehmen die HELP-Maßnahmen die letzten Ränge im Kosten-Wirksamkeitsverhältnis ein; sie sind gleichzeitig die Maßnahmen ohne Wasserschutzziel. Auffallend gut schneiden in beiden Fällen die Grünlandextensivierung und der Ökolandbau auf Ackerflächen ab.

Die Maßnahmen mit sehr positiver [++] Wirkung haben in beiden Fällen ein unterdurchschnittliches Kosten-Wirksamkeitsverhältnis, darunter die HELP-Maßnahmen mit besonders schlechten Werten, allerdings auch ohne Wasserschutzziele. Der Ökolandbau auf Acker (f1-A) hat in jedem Fall eine deutlich überdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation. Er ist aus dem gegebenen Maßnahmenpektrum auch vor dem Hintergrund seiner sehr positiven Wirkungseinschätzung als Wasserschutzmaßnahmen zu empfehlen. Die Winterbegrünung (P) hat hingegen nur eine unterdurchschnittliche Kosten-Wirksamkeitsrelation, die auf den nitrat Auswaschungsgefährdeten Flächen nach Kunkel recht deutlich ausfällt. Ceteris paribus bedeutet dieses Ergebnis, dass die schlechtere

Treffgenauigkeit auf den nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen für das ungünstigere Kosten-Wirksamkeitsverhältnis verantwortlich zeichnet.

Die Maßnahmen mit positiver [+] Wirkung haben im Gegensatz zu den Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung in der Summe ein überdurchschnittlich gutes Kosten-Wirksamkeitsverhältnis. Ausschlaggebend dafür ist insbesondere das gute Abschneiden der Grünlandextensivierung (f1-B) und teilweise auch der MDM-Verfahren (M), während der Ökolandbau auf Grünlandflächen (f1-A) in beiden Fällen nur unterdurchschnittlich abschneidet.

Die Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabellen 29 und 30) hilft die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse weiter einzuordnen.

Die Auswertung der Ergebnisse kann auch hier Ansatz-übergreifend erfolgen, da signifikante Unterschiede nur im Bereich der Treffgenauigkeit zu erkennen sind. Während auf den nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen lediglich drei Maßnahmen (f1-A, f1-B, f2-LP2) eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit aufweisen, sind es in den sensiblen Gebieten gemäß WRRL fünf Maßnahmen (f1-A, f2-LP1, M, f2-LP4, P). Die Grünlandextensivierung (f1-B) ist hier aus der Liste der überdurchschnittlich treffgenauen Maßnahmen heraus gefallen.

**Tabelle 29:** Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte auf nitratauswaschungsgefährdeten (FZJ) Flächen

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 48 %]	Flächenanteile [>= 12,5 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 73 Euro/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 0,85]
1	● f1-A	● f1-A	● f1-B	● f1-B	● f1-B
2	● P	● f1-B	M	● f1-A	● f1-A
3	f2-LP2	f2-LP2		M	M
4	f2-LP4			● P	

- 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 30:** Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte in sensiblen Gebieten gemäß WRRL

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 58 %]	Flächenanteile [>= 12,5 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 73 Euro/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 0,89]
1	● f1-A	● f1-A	● f1-B	● f1-B	● f1-A
2	● P	f2-LP1	M	● f1-A	● f1-B
3	f2-LP2	M		M	M
4	f2-LP4	f2-LP4		● P	
5		● P			

- 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.

Der Ökolandbau auf Ackerflächen (f1-A) schneidet neben der Grünlandextensivierung (f1-B) insgesamt am besten ab. Er hat eine sehr positive [++] Wirkungseinschätzung, deutlich überdurchschnittliche Treffgenauigkeit, ein günstiges Input-Outputverhältnis und eine gute Kosten-Wirksamkeitsrelation. Auch im Hinblick auf seine Flächenanteile in sensiblen Gebieten schneidet der Ökolandbau (Acker- und Grünlandnutzung zusammen) gut ab. Innerhalb des bestehenden Maßnahmenspektrums kann daher der Ökolandbau für Grundwasserschutzzielsetzungen empfohlen werden. In Kombination mit der Winterbergrünung (P, vgl. unten) wird die Grundwasserschutzwirkung des Ökolandbaus auf Ackerflächen weiter gesteigert. Dies umfasst 910 ha auf nitratauswaschungsgefährdeten Flächen sowie 1.404 ha auf sensiblen Flächen nach WRRL. Das gewählte Bewertungsraster für die Ressourcenschutzwirkungen [0, +, ++] kann diese zusätzlichen sehr positiven Effekte der Maßnahmenkombination nicht mehr ausreichend abbilden.

Für die Grünlandextensivierung (f1-B) gelten ähnliche Aussagen wie für den Ökolandbau; allerdings hat sie nur eine einfach positive [+] Wirkungseinschätzung. Ihr kommt vermutlich in den meisten Fällen eine Schutz bewahrende Wirkung zu, während die Ackermaßnahmen ein neues Schutzniveau entwickeln. Aufgrund dieser Schutzwirkung sind in Grünlandregionen auch häufig keine Gebiete mit ‚unwahrscheinlicher/unklarer‘ Zielerreichung nach der Bestandserfassung der WRRL ausgewiesen worden<sup>29</sup>. Vor dem Hintergrund bestehende Grundwasserschutzwirkungen zu erhalten, kann auch die Grünlandextensivierungsmaßnahme empfohlen werden.

<sup>29</sup> Diese Effekte der Grünlandnutzung können auf der Ebene der GWK nur wirksam werden, wenn die Nutzung großflächig ausgeprägt ist. Auch spielt emissionsseitig die Viehhaltungsdichte eine Rolle.

Die Aussagen zu den MDM-Verfahren (M) schließen an die der Grünlandextensivierung an. Die Einzelkriterien erreichen überwiegend überdurchschnittliche Werte, liegen aber bereits deutlich hinter denen des Ökolandbaus und der Grünlandextensivierung zurück. Die MDM-Verfahren haben auch nur eine einfach positive [+] Wirkungseinschätzung. Als ackerbauliche Maßnahme erlangen sie jedoch eine besondere Bedeutung für den Grundwasserschutz. Allerdings wurde die Maßnahme ohne Grundwasserschutzziele gefördert.

Die Winterbegrünung (P) hat explizite Grundwasserschutzziele. Bei sehr positiver [++] Wirkungseinschätzung erlangt sie jedoch nur eine geringe Flächenrelevanz und schon deutlich schlechtere Treffgenauigkeit als die vorgenannten Maßnahmen. Insgesamt ist daher ihre Kosten-Wirksamkeitsrelation unterdurchschnittlich ausgeprägt. Warum diese Maßnahme, die obligatorisch an den Ökolandbau gebunden ist, so deutlich schlechter in der Treffgenauigkeit als der Ökolandbau auf Acker abschneidet, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht erklären. Mit einer höheren Treffgenauigkeit der Winterbegrünung könnte die Effizienz des Ökolandbaus auf Ackerflächen weiter gesteigert werden.

### *Vergleich mit Ergebnissen des LAWA-Projekts*<sup>30</sup>

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 hessischen AUM vergleichen. Nachfolgend wird das Ranking dieser Maßnahmen wiedergegeben (Tabelle 31). 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 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 hinsichtlich des Bewertungsaspekts „Reduzierung des N-Saldos“ weitgehend bestätigt wird. Ökolandbau (f1-A) und Grünlandextensivierung (f2-B1) nehmen die Spitzenpositionen ein, gefolgt von MDM-Verfahren (M) und Winter-

---

<sup>30</sup> „Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft“, finanziert von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Osterburg und Runge, 2007).

begrünung (P). Die Winterbegrünung schneidet in der Ökoeffizienz Betrachtung allerdings deutlich schlechter ab, als in der LAWA-Studie, da sie in Hessen auf den Ökolandbau beschränkt ist und dadurch nur eine sehr geringe Flächenrelevanz erlangt, was in die Bewertung einfließt.

Die Betrachtung der „Herbst-Nmin-Werte“ zeigt jedoch ein inverses Bild des in dieser Studie ermittelten Rankings: Winterbegrünung und MDM-Verfahren erlangen die günstigsten Werte, während Ökolandbau und Grünlandextensivierung die Schlusslichter bilden.

Auch vorbehaltlich der eingeschränkten Vergleichbarkeit der beiden Studien, lassen sich keine eindeutigen Tendenzen der Kosten-Wirksamkeitseinschätzungen der Maßnahmen mit Wirkung gegen Nitratauswaschung erkennen. Allerdings bestätigt die mittlere Kostenwirksamkeit zur Reduzierung des N-Saldos die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse.

**Tabelle 31:** Ranking der Kostenwirksamkeit von Maßnahmen des LAWA-Projektes, denen hessische AUM zugeordnet werden können

<b>Mittlere Kostenwirksamkeit</b>					
<b>Reduzierung des N-Saldo</b>			<b>Reduzierung von Herbst-Nmin-Werten</b>		
Maßnahme des LAWA-Projekts	[Euro/kg N]	vergleichbare AUM des EPLR	Maßnahme des LAWA-Projekts	[Euro/kg N]	vergleichbare AUM des EPLR
M45	2,8	f1-A	M1	1,8	P*
M21	3,3	f1-B	M3	2	P*
M1	3,5	P*	M2	2,3	P*
M18	4	M	M4	2,5	P*
M2	4,5	P*	M20	2,5	M
M4	5	P*	M11	3	P*
M20	5	M	M13	3,3	P*
M11, M12	7,5	P*	M12	3,8	P*
M13	10	P*	M18	4	M
M10	15	P*	M5	4	P*
M17	16	M	M45	5,7	f1-A
			M10	7,5	P*
			M17	8	M
			M16	8	M
			M21	10	f1-B

P\* Anbau von Zwischenfrüchten/Untersaaten nur im Ökologischen Landbau, daher ggf. nicht wirkungsgleich mit LAWA-Maßnahmen..

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

### ***Zusammenfassende Betrachtung***

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung zwar absolut betrachtet mit 48 bzw. 58 % eine deutlich bessere Treffgenauigkeit als die Maßnahmen mit Erosionsschutzwirkung aufweisen, diese vor dem Hintergrund der Flächenanteile sensibler Gebiete an der LF von 48 % (nach Kunkel) bzw. 69 % (nach WRRL) aber gerade mal innerhalb der statistisch zu erwartenden Größenordnung bzw. sogar deutlich darunter liegen<sup>31</sup>,
- die Maßnahme mit expliziten Grundwasserschutzzielen (Winterbegrünung) auf den nitratauswaschungsgefährdeten Flächen nach Kunkel mit 38 % eine unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit und auf den sensiblen Flächen gemäß WRRL mit 59 % eine durchschnittliche Treffgenauigkeit aufweist<sup>32</sup>,
- der geförderte Flächenumfang ackerbaulicher Maßnahmen in beiden Fällen bei weitem nicht ausreicht, um die sensiblen Gebiete abzudecken,
- der Ökolandbau auf Ackerflächen mit sehr positiver [++] Grundwasserschutzwirkung und den höchsten Treffgenauigkeiten als die derzeit am besten wirksame Maßnahme herausgestellt werden kann; das gilt auch für seine Kosten-Wirksamkeitsrelation; in Kombination mit der Winterbegrünung wird seine Wirkung zusätzlich positiv verstärkt,
- keine der Maßnahmen eine Förderkulisse im Hinblick auf den Grundwasserschutz hat und die schlechten Treffgenauigkeiten zumindest teilweise durch fehlende Lenkung erklärt werden können. Die Grundwasserschutzwirkung der Maßnahmen scheint im Programm eher als ökologischer Zusatznutzen einkalkuliert zu sein, obwohl diesbezüglich bei drei Maßnahmen Ziele angegeben wurden.

---

<sup>31</sup> Bei einer angenommenen Gleichverteilung der sensiblen Gebiete und der Förderflächen, wäre eine (prozentual ausgedrückte) Treffgenauigkeit in der Größenordnung der sensiblen Gebiete zu erwarten.

<sup>32</sup> Die Teilmaßnahme „extensive Grünlandnutzung zum Grundwasserschutz in der Region Vogelsberg“ hat ebenfalls explizite Ressourcenschutzziele für das Grundwasser. Sie wurde aber nicht separat untersucht, sondern bei der extensiven Grünlandnutzung (f1-B) subsummiert. Sie umfasste ca. 7 % der f1-B-Förderfläche.

### **3.3 Maßnahmen mit Schutzwirkung vor Stoffeinträgen in das Oberflächenwasser**

#### **3.3.1 Problemlage in Hessen**

##### *Zielsetzung des Entwicklungsplanes*

Als relevante Zielaussage im EPLR zum Schutz der Gewässerqualität kann wiederum nur die allgemeine Zielsetzung ‚Schutz und Verbesserung der Situation der abiotischen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft)‘ für den Ökolandbau und die Grünlandextensivierung herangezogen werden. Die bei der zur Halbzeit neu eingeführten Maßnahme Winterbegrünung formulierte Zielsetzung ‚Schutz und Verbesserung des Grundwassers‘ zielt nicht bzw. höchstens indirekt auf den Schutz von Oberflächengewässern (vgl. dazu auch Kapitel 3.2.2). Die HELP-Maßnahmen haben keine Wasserschutzziele.

##### *Eintragsursachen*

Zur Diskussion der Eintragsursachen von Dünge- und Pflanzenschutzmittel sei auf die grundsätzlichen Erörterungen in Kapitel 2.2.2.2 verwiesen. Für Hessen wurden u. a. Pflanzenschutzmitteleinträge in Oberflächengewässer untersucht (Bach et al., 2000). Die modellhaft ermittelten Ergebnisse zeigen für das südöstliche Vorland des Taunus (ungefähr zwischen Wiesbaden und Frankfurt) hohe potenzielle Eintragsraten, die durch Oberflächenwasserabfluss entstehen können (Bach et al., 2000). Gefährdungspotenziale über den Dränabfluss konnten in derselben Studie für Hessen nicht nachgewiesen werden.

##### *Schlagflächen an Oberflächengewässern*

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

Die Auswertung mittels Distanzpuffer zeigt, dass über die Hälfte der Schlagfläche Hessens an oder in unmittelbarer Nähe zu Gewässern liegen. Es wurden dabei unmittelbare Wirkdistanzen (unter Berücksichtigung verschiedener Eintragswege; vgl. Kapitel 2.2) von 125 m angenommen und auf dieser Grundlage relevante Schläge ausgewählt. Mit den selektierten Schlägen werden 19,7 % der Landesfläche Hessens abgedeckt. Der Tabelle 32 ist weiterhin zu entnehmen, dass durch den 125 m-Buffer direkt nur 34,3 % der LF ‚belegt‘ wird. Methodisch<sup>33</sup> bedingt können jedoch nicht nur Teilflächen eines Schlages berücksichtigt werden, sodass sich die als sensibel zu betrachtende Schlagfläche auf 51,9 %

---

<sup>33</sup> In diesem Fall auch GIS-technisch bedingt konnten keine Teilschläge mit den Gewässern verschnitten werden.

der LF summiert. Dadurch werden die Aussagen zur Treffgenauigkeit von Maßnahmen vermutlich überschätzt.

**Tabelle 32:** Flächenumfang der Schläge in Gewässernähe

	<b>Fläche</b> [ha]	<b>Anteile an der LF <sup>1)</sup></b> [%]	<b>Anteile an der Landesfläche</b> [%]
Schlagfläche innerhalb des 125 m-Puffers	274.976	34,3	13,0
Gesamte Fläche der Schläge, die durch den 125 m-Puffer berührt werden	416.271	51,9	19,7

1) Die LF entspricht der digitalisierten Feldblock- bzw. Schlagfläche 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 213.600 ha, das entspricht gut einem Viertel der LF und 44 % der Ackerfläche Hessens. Dabei kommt der Grünlandnutzung insbesondere im Hinblick auf die Erhaltung bestehender Gewässerschutzfunktionen eine sehr wichtige Bedeutung zu. Sie hat entlang der Gewässer ebenfalls einen Anteil von einem Viertel an der LF.

**Tabelle 33:** Landnutzungstypen auf Schlägen in Gewässernähe

<b>Grünland</b>		<b>Ackerland</b>		<b>Dauerkulturen</b>		<b>Wald <sup>1)</sup></b>		<b>Gesamt</b>	
[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]	[ha]	[% der LF]
195.710	24,4	213.600	26,7	1.500	0,2	176	0,0	410.987	51,3

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 gibt eine Übersicht über die Ressourcenschutzbeiträge (Wirkungen) der Maßnahmen zum Schutz von Oberflächengewässern.

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 neun Maßnahmen haben nur zwei ein Schutzziel für Oberflächengewässer und sieben Maßnahmen eine Wasserschutzwirkung.

**Tabelle 34:** Oberflächenwasserschutzbeitrag der Agrarumweltmaßnahmen

Maßnahme	Code	Maßnahmen, die zum Schutz vor Stoffeinträgen in Oberflächengewässer beitragen	
		Ziel	Wirkung
Ökolandbau	f1-A	●	++A, +G
Grünlandextensivierung	f1-B	●	+
MDM-Verfahren	M	—	+
Winterbegrünung	P	—	++
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1	—	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2	—	++
Ext. Nutzung in Schutzgebieten	f2-LP3	—	0
Ackerschonflächen	f2-LP4	—	++
Besondere Lebensräume	f2-LP5	—	0

**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

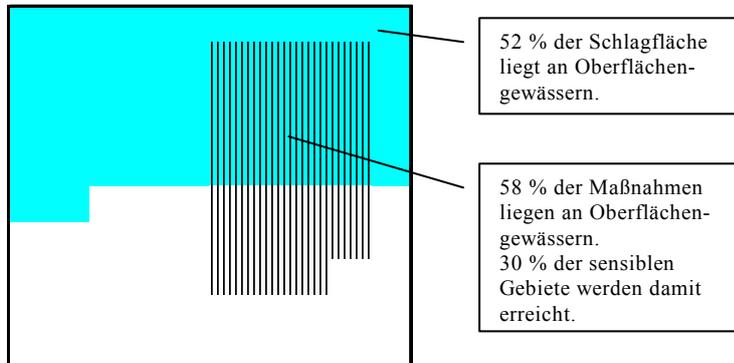
Die Wirksamkeit oder Effektivität der Maßnahmen ergibt sich einerseits aus ihrem Wirkungsbeitrag, andererseits aus ihrer Treffgenauigkeit. Beide werden daher hier betrachtet (Abbildung 13 und Tabelle 35).

#### *Treffgenauigkeit und Wirkungsbeitrag der Maßnahmen*

Die Abbildung 13 vermittelt einen Überblick über die Treffgenauigkeit der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung: 52 % der Schlagfläche Hessens sind als sensible Gebiete im Hinblick auf ihren Schutzbeitrag für Oberflächengewässer einzuschätzen. Sie liegen an oder in unmittelbarer Nähe zu Oberflächengewässern. Von den gut 214.000 ha Maßnahmenfläche mit Oberflächenwasserschutzwirkung liegen 58 % innerhalb der sen-

siblen Gebiete und sind damit als treffgenau<sup>34</sup> zu bewerten. Sie decken damit 30 % der sensiblen, oberflächenwassernahen Schläge ab.

**Abbildung 13:** Grafische Darstellung der Treffgenauigkeit an Oberflächengewässern



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Tabelle 35 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.

<sup>34</sup> Die Treffgenauigkeit liegt damit nur leicht über der statistisch zu erwartenden Größenordnung.

**Tabelle 35:** Wirksamkeit der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung

Maßnahmen	Code	Ziel	Wirkung [+, ++]	Treffer- fläche <sup>1)</sup> [ha]	Nicht- Trefferfläche <sup>2)</sup> [ha]	Treff- genauigkeit <sup>3)</sup> [%]
<b>mit ++ Wirkung</b>						
Ökolandbau Acker	f1-A	•	++	12.154	2.346	84
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		++	16.091	6.238	72
Winterbegrünung	P		++	1.260	1.120	53
Ackerschonflächen	f2-LP4		++	21	39	35
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>29.525</b>	<b>9.744</b>	<b>75</b>
<b>mit + Wirkung</b>						
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		+	1.644	767	68
Grünlandextensivierung	f1-B	•	+	51.446	31.199	62
MDM-Verfahren	M		+	28.644	32.508	47
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	+	13.420	15.108	47
<b>Summe/Durchschnitt</b>				<b>95.155</b>	<b>79.582</b>	<b>54</b>
<b>Summe/Durchschnitt gesamt</b>				<b>124.680</b>	<b>89.326</b>	<b>58</b>

1) Maßnahmen auf Flächen an Oberflächengewässern.

2) Maßnahmen außerhalb von Flächen an Oberflächengewässern.

3) Anteil der Maßnahmenfläche auf Trefferflächen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Von den sieben relevanten Maßnahmen haben nur zwei bzw. drei Teilmaßnahmen eine Zielsetzung im Bereich des abiotischen Ressourcenschutzes, ohne allerdings explizite Ziele für den Oberflächenwasserschutz zu nennen. Keine der Maßnahmen weist eine Gebietskulisse auf, die im Hinblick auf den Oberflächenwasserschutz ausgewiesen wurde.

Die Treffgenauigkeit aller Maßnahmen liegt im Schnitt bei 58 % und damit sechs Prozentpunkte über der statistisch zu erwartenden Größenordnung. Die Gesamttreffgenauigkeit ist damit leicht positiv zu bewerten. Die fünf flächenstärksten Maßnahmen nehmen zusammen 98 % der Trefferfläche ein, die Maßnahmen mit Wasserschutzzielen kommen auf knapp zwei Drittel der Trefferflächen. Ihre Treffgenauigkeit liegt mit 61 % über dem Durchschnitt.

Gemessen am Durchschnitt von 58 % Treffgenauigkeit haben vier Maßnahmen eine überdurchschnittliche und vier weitere eine unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit. Die mit Abstand besten Werte weist der Ökolandbau auf Ackerflächen mit 84 % auf, die schlechteste Treffgenauigkeit haben die Ackerschonflächen mit 35 %.

Die Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++] umfassen nur knapp ein Viertel der Trefferflächen, haben mit 75 % aber eine überdurchschnittlich gute Treffgenauigkeit. Die

Maßnahmen mit einfach positiver Wirkung [+] umfassen hingegen gut drei Viertel der Trefferflächen, besitzen mit 54 % aber nur eine unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit.

Insgesamt sind recht hohe Treffgenauigkeiten unabhängig von den Zielsetzungen und Wirkungsgraden zu verzeichnen, was natürlich auch auf den großen Flächenumfang der sensiblen Gebiete zurückzuführen ist. Mit Ausnahme der Einmaligen Grünlandnutzung (f2-LP1) verteilen sich die höchsten Treffgenauigkeiten auf die flächenstarken Maßnahmen. Den AUM kommt damit eine hohe Bedeutung zum Schutz der Oberflächengewässer zu.

Die Maßnahmen, die auf oberflächenwassernahen **Ackerflächen**<sup>35</sup> durchgeführt werden umfassen mit 42.000 ha gut 34 % der Trefferflächen, haben aber nur eine unterdurchschnittliche Treffgenauigkeit von 54 %. Sie haben mit einer Ausnahme (M) einen sehr positiven [++] Wirkungsbeitrag. Der Anteil treffgenauer Maßnahmen in sensiblen Ackerbaugebieten weicht mit 34 % deutlich vom Ackerflächenanteil von 52 % in den sensiblen Gebieten ab und liegt damit unter der statistisch wahrscheinlichen Verteilung. 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. 78.000 ha Maßnahmen für den Oberflächenwasserschutz auf Ackerflächen wirksam werden, es sind jedoch 213.600 ha Ackerfläche<sup>36</sup> als sensible Gebiete einzustufen; das entspricht einem maximalen theoretischen Deckungsgrad von 37 %);
- zweitens eine bestenfalls mittlere Treffgenauigkeit bescheinigt werden (die Treffgenauigkeit der Ackermaßnahmen liegt mit 54 % vier Prozentpunkte unter dem Durchschnitt aller Maßnahmen);
- drittens angelastet werden, dass keine Förderkulissen für den Oberflächenwasserschutz vorgesehen wurden.

### ***Flächenanteile der Maßnahmen in sensiblen Gebieten***

Die Aussagen zur Treffgenauigkeit werden durch die Berechnung der Flächenanteile<sup>37</sup> der Maßnahmen in den sensiblen Gebieten an Oberflächengewässern ergänzt. Aus der Darstellung der Flächenanteile in den sensiblen Gebieten lässt sich der Beitrag einzelner

---

<sup>35</sup> Es wurden nur eindeutig zuordenbare Maßnahmen angerechnet: f1-A auf Ackerland, M, P, f2-LP4.

<sup>36</sup> Wenn zuvor methodisch bedingt die Treffgenauigkeit der Maßnahmen überschätzt wurde, wird hier ebenso die potenzielle Zielfläche überschätzt.

<sup>37</sup> Flächenanteile der Maßnahmen werden folgendermaßen berechnet: [Fläche der Einzelmaßnahme im erosionsgefährdeten Gebiet]/[Fläche aller Maßnahmen im erosionsgefährdeten Gebiet] \* [100].

Maßnahmen aus dem Gesamtmix der Oberflächenwasserschutz wirksamen Maßnahmen ablesen.

**Tabelle 36:** Flächenanteile der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung auf Schlägen in Gewässernähe

Maßnahme	Code	Ziel	Flächenanteile im nitratstrahungsgefährdeten Gebiet [%]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	41,26
MDM-Verfahren	M		22,97
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		12,91
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	10,76
Ökolandbau Acker	f1-A	•	9,75
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		1,32
Winterbegrünung	P		1,01
Ackerschonflächen	f2-LP4		0,02
<b>Durchschnitt</b>			<b>12,50</b>

Quelle: Eigene Darstellung.

Drei Maßnahmen haben überdurchschnittliche Flächenanteile, davon nur eine mit einem Wasserschutzziel. Drei weitere Maßnahmen tragen nur in sehr untergeordnetem Flächenumfang zum Gewässerschutz bei. Unter der Maßgabe möglichst großflächig Oberflächenwasser von unerwünschten Stoffeinträgen zu schützen, wären demnach die Maßnahmen f1-B, M und f2-LP2 zu präferieren. Der Ökolandbau f1-A nimmt mit Acker- und Grünlandflächen zusammen 20,5 % Flächenanteile ein und ist damit im Ranking die drittgrößte Maßnahme in den sensiblen Gebieten und ebenfalls zu präferieren.

### 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 37:** Multifunktionalität und durchschnittliche Beihilfehöhe der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Wirkung bei Schutzgut ...				Beihilfesatz	
			Boden	Luft	Biodiversität	Landschaft	Durchschnitt [Euro/ha]	Berücksichtigung d. Korrekturfaktors [Euro/ha]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	x	x	x	x	91	23
Ökolandbau	f1-A	•	x	x	x	x	145	36
MDM-Verfahren	M		x				60	60
Winterbegrünung	P		x				70	70
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		x		x	x	263	88
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		x		x	x	299	100
Ackerschonflächen	f2-LP4		x		x	x	409	136
<b>Anzahl/Durchschnitt</b>			<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>191</b>	<b>73</b>

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Der Vergleich von ‚durchschnittlichem Beihilfesatz‘ und ‚Beihilfesatz unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors‘ zeigt einerseits veränderte Input-Outputrelationen in Euro/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 37 zeigt ein identisches Bild wie die Auswertung zu den Maßnahmen mit Grundwasserschutzwirkung. Daher sei an dieser Stelle auf die dortigen Ausführungen verwiesen (Kapitel 3.2.3). Festzuhalten ist, dass sich das Ranking der Maßnahmen unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors doch deutlich verschiebt. Die Berücksichtigung der Multifunktionalität hat somit Auswirkungen auf die Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung. Zur Interpretation der Beihilfesätze vgl. auch die Hinweise in Kapitel 3.1.4 zum Erosionsschutz.

### ***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 ausschließlich unter Hinzuziehung der Wirkungseinschätzung zu interpretieren (letzte Spalte der Tabelle 38). Die Winterbegrünung findet zwar ausschließlich Anwendung in Kombination mit dem Ökolandbau, wird hier jedoch als separate Maßnahme betrachtet. Da beide Wirkungseinschätzungen sehr positiv [++] ausfallen, entsteht dadurch keine Bewertungsverzerrung.

**Tabelle 38:** Kosten-Wirksamkeitsrelation der Maßnahmen mit Oberflächenwasserschutzwirkung

Maßnahme	Code	Ziel	Kosten-Wirksamkeits- relation <sup>1)</sup>	Ranking	Wirkung [+, ++]
Grünlandextensivierung	f1-B	•	1,79	1	+
Ökolandbau Acker	f1-A	•	1,51	2	++
Ökolandbau Grünland	f1-A	•	0,85	3	+
MDM-Verfahren	M		0,81	4	+
Winterbegrünung	P		0,79	5	++
Einmalige Grünlandnutzung	f2-LP1		0,54	6	+
Mehrmalige Grünlandnutzung	f2-LP2		0,50	7	++
Ackerschonflächen	f2-LP4		0,18	8	++
<b>Durchschnitt</b>	<b>alle Maßnahmen</b>		<b>0,87</b>		
	<b>++ Maßnahmen</b>		<b>0,74</b>		
	<b>+ Maßnahmen</b>		<b>1,00</b>		

1) Flächenanteile/Kostenanteile.

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Es wird deutlich, dass nur zwei der acht (Teil-)Maßnahmen ein überdurchschnittlich gutes Kosten-Wirksamkeitsverhältnis aufweisen. Sie haben alle Wasserschutzziele. Sehr deutlich unterdurchschnittlich sind die drei HELP-Maßnahmen Einmalige und Mehrmalige Grünlandnutzung sowie Ackerschonflächen. Ebenfalls unterdurchschnittlich schneiden die beiden ackerbaulichen Maßnahmen MDM-Verfahren und Winterbegrünung ab.

Betrachtet man nur die Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++], so zeigt sich eine Kosten-Wirksamkeitsrelation von 0,74, die unter dem Gesamtschnitt von 0,87 liegt. Auffällig ist hier lediglich das schlechte Abschneiden der Winterbegrünung (P). Sie hat trotz ihrer hohen Wirksamkeit und mittlerer Treffgenauigkeit nur ein unterdurchschnittliches Kosten-Wirksamkeitsverhältnis. Ursache sind geringe (absolute) Flächenanteile (1 %) und vergleichsweise hohe Beihilfesätze (mittleres Ranking), die sie im relativen Maßnahmenvergleich benachteiligen. Der Ökolandbau auf Ackerflächen (ohne Winterbegrünung) schneidet mit einem Kosten-Wirksamkeitsverhältnis von 1,51 sehr gut ab.

Die vier Maßnahmen mit einfach positiver Wirkung [+] liegen hingegen mit 1,00 über dem Gesamtschnitt. Im Ranking verteilen sie sich über die gesamte Bandbreite der Einstufungen. Darunter sind mit Ausnahme von f2-LP1 die flächenstarken Maßnahmen Grünlandextensivierung, Ökolandbau auf Grünland und MDM-Verfahren.

Die Übersicht über die **Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte** (Tabelle 39) hilft die Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse weiter einzuordnen.

Zwei Maßnahmen stechen aus der Präferenzübersicht heraus, da sie in (fast) allen Rubriken überdurchschnittliche Ergebnisse verzeichnen können: Die Grünlandextensivierung (f1-B) und der Ökolandbau (f1-A). Beim Ökolandbau führt insbesondere die ökologische Bewirtschaftung von Ackerflächen zu besonders positiven Einschätzungen, z. B. hinsichtlich der Wirkung und der Treffgenauigkeit. Im Zusammenwirken mit der Winterbegrünung auf 1.260 ha treffgenauen Flächen, wird die Wirkung zur Verhinderung von Oberflächenwasserabfluss und lateraler Nährstoffverlagerung weiter gesteigert. Beide Maßnahmen sind besonders flächenstark und erreichen große Teile der sensiblen Gebiete (der Ökolandbau nur in der Gesamtbetrachtung von Acker- und Grünlandflächen). Beide Maßnahmen sind vor diesem Hintergrund als Maßnahmen zum Oberflächenwasserschutz zu empfehlen.

Positiv zu erwähnen ist auch das Leistungspaket 2 der HELP-Maßnahmen (Mehrmalige Grünlandnutzung). Sie hat eine sehr positive Wirkungseinschätzung, eine überdurchschnittliche Treffgenauigkeit und überdurchschnittlich hohe Flächenanteile entlang der Gewässer. Allerdings ist ihr Kosten-Wirksamkeitsverhältnis aufgrund hoher Beihilfesätze ungünstig. Da die Maßnahme keine Wasserschutzziele verfolgt, können ihr gute ökologische Zusatznutzen bescheinigt werden.

**Tabelle 39:** Übersicht der Präferenzergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte

Ranking	Wirkung [++]	Treffgenauigkeit [>= 58 %]	Flächenanteile [>= 12,5 %]	Beihilfesatz mit Korrekturfaktor [<= 73 Euro/ha]	Kosten- Wirksamkeitsrelation [>= 0,87]
1	● f1-A	● f1-A	● f1-B	● f1-B	● f1-B
2	P	f2-LP2	M	● f1-A	● f1-A
3	f2-LP2	f2-LP1	f2-LP2	M	
4	f2-LP4	● f1-B		P	

● 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.

### **Zusammenfassende Betrachtung**

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- die beiden Maßnahmen mit Wasserschutzzielen (Ökolandbau und Grünlandextensivierung) die beste Kosten-Wirksamkeitsrelation aufweisen und auch über gute Treffgenauigkeiten verfügen,
- insbesondere die Maßnahmen mit sehr positiver Wirkung [++] eine gute Treffgenauigkeit erlangen; herauszuheben sind der Ökolandbau auf Ackerflächen und die Mehrmalige Grünlandnutzung,

- die ackerbaulichen Maßnahmen insgesamt eine ungenügende Flächendeckung erreichen und auch ihre Treffgenauigkeit nur unterdurchschnittlich ist,
- das Ziel des Oberflächenwasserschutzes offensichtlich nicht oder nur sekundär verfolgt wird,
- die Effizienz der Maßnahmen durch die Einführung von Förderkulissen gesteigert werden kann.

## Literaturverzeichnis

- Beihilferichtlinien für die nachhaltige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher und naturschutzfachlich wertvoller Flächen in Hessen. Beihilferichtlinien vom 22.12.2007 (StAnz. Nr. 05/2008 vom 28.01.2008). StAnz.Nr.05/2008 vom 28.01.2008.
- 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 d. 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.
- Brunotte, J. (1990): Landtechnische Maßnahmen zum bodenschonenden und bodenschützenden Zuckerrübenanbau, Dissertation. Kiel.
- DLR, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e. V. (2008): Corine Landcover 2000 - Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. Internetseite Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: [http://www.corine.dfd.dlr.de/intro\\_de.html](http://www.corine.dfd.dlr.de/intro_de.html). Stand 2.10.2008.
- Erdmann, K. H. (1998): Untersuchungen zur Bodenerosion im südlichen Nordrhein-Westfalen. MAB-Mitteilungen, H. 43. Bonn.
- 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.
- EU-KOM, Kommission der Europäischen Gemeinschaften (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.
- 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.
- Hanusch, H. (1994): Nutzen-Kosten-Analyse. 2. überarbeitete Auflage, Verlag Franz Vahlen, München.
- HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2006): Bestandsaufnahme der WRRL zum Thema Grundwasser: Verschmutzung durch diffuse Quellen (Karte 1.2.1.6). Wiesbaden, digitale Datenlieferung des HLUG vom 13.09.2006.
- HMLWLFN, Hessisches Ministerium für Landesentwicklung Wohnen Landwirtschaft Forsten und Naturschutz (1993): Standortkarte von Hessen. Gefahrenstufenkarte Bodenerosion durch Wasser. Wiesbaden.
- HMULV, Hessisches Ministerium für Umwelt ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2004): Handbuch zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Hessen. 3. Lieferung Juni 2004, Wiesbaden.
- 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](http://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 (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.
- 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.; Horlitz, T.; Sander, A.; Preising, A.; Pufahl, A. und Essmann, S. (2003): Halbzeitbewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: FAL, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Halbzeitbewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig. S. 1-87.
- Reiter, K.; Roggendorf, W.; Runge, T.; Schnaut, G.; Horlitz, T. und Leiner, C. (2005): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum, Kapitel 6, Agrarumweltmaßnahmen - Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. In: FAL, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Institut für Ländliche Räume (Hrsg.): Aktualisierung der Halbzeitbewertung des Hessischen Entwicklungsplans für den ländlichen Raum gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Braunschweig. S. 1-124.
- Richtscheid, P. (1998): Die AVP-Standortkarte von Hessen - Themen und Grundlagen für die digitale Bearbeitung. Hessische Zentrale für Datenverarbeitung, April 1998 (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 Beihilferegelungen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 182/4 vom 21.07.2000.

Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand.

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**

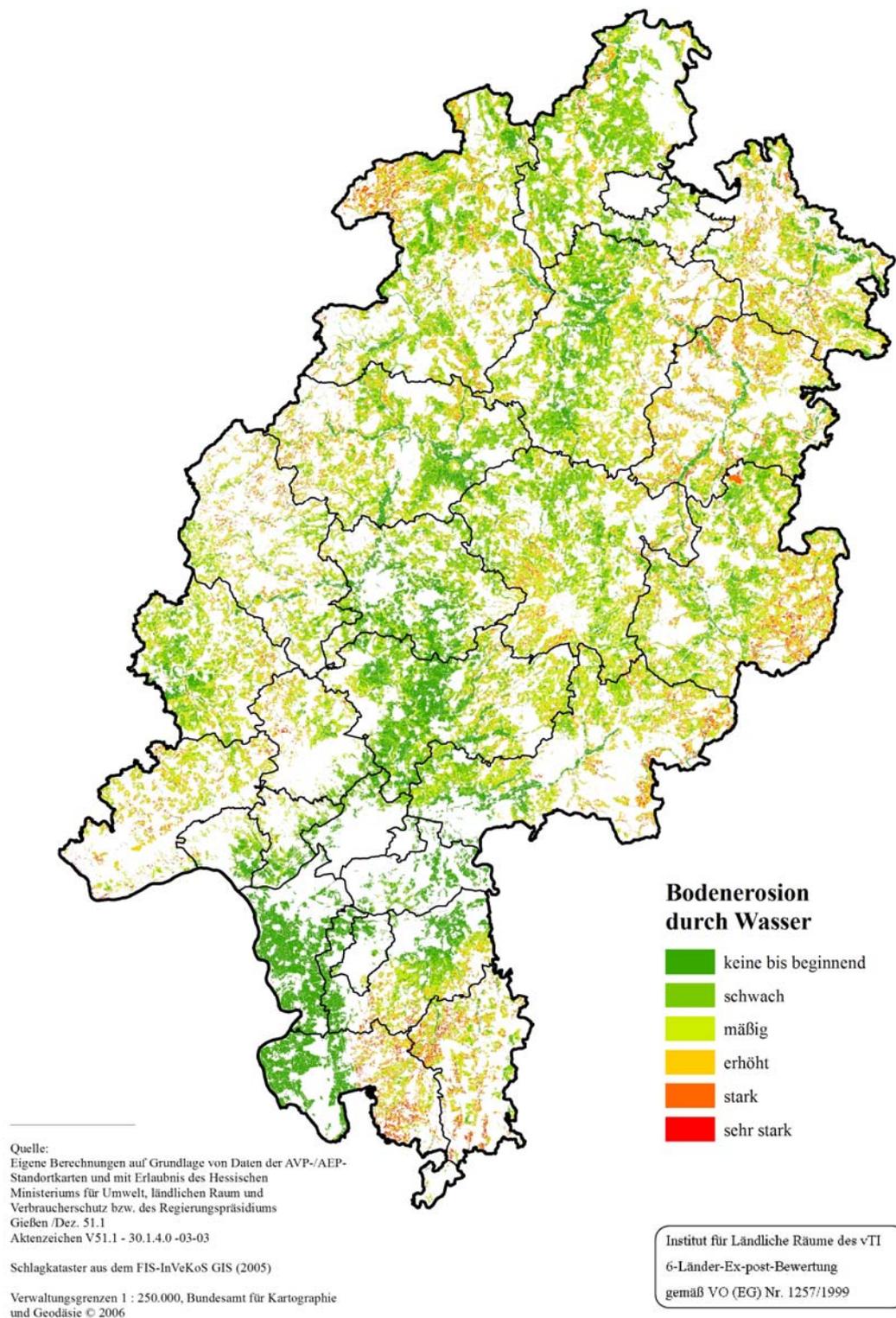
**Modulbericht Ökoeffizienz**

**– Hessen –**

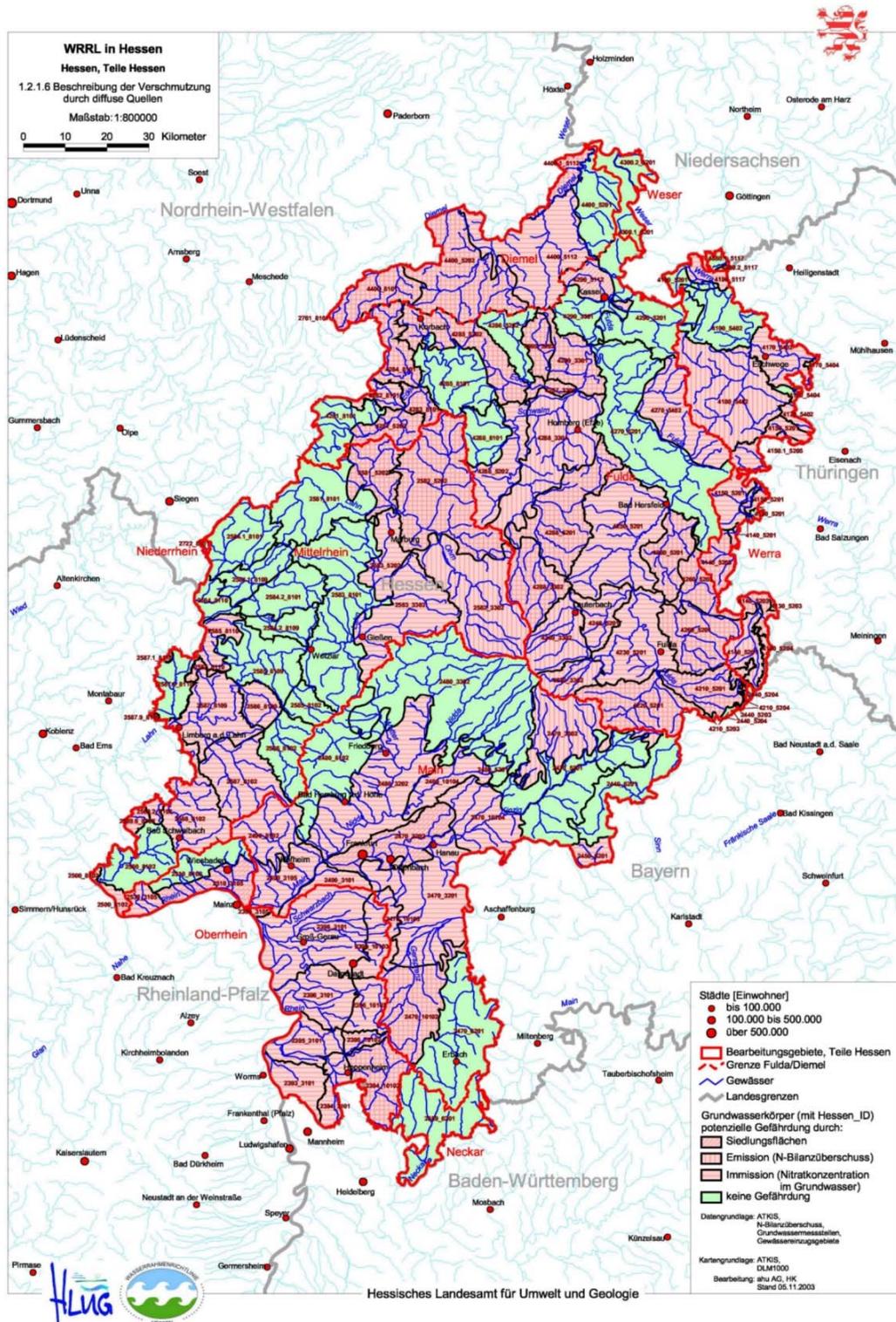
**Inhaltsverzeichnis des Anhangs**

Karte A-1:	Potenzielles Bodenerosionsrisiko durch Wasser auf Ebene der Schläge	133
Karte A-2:	Ergebnisse der Bestandserfassung der Grundwasserkörper nach WRRL	134
Karte A-3:	Potenzielle Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge	135

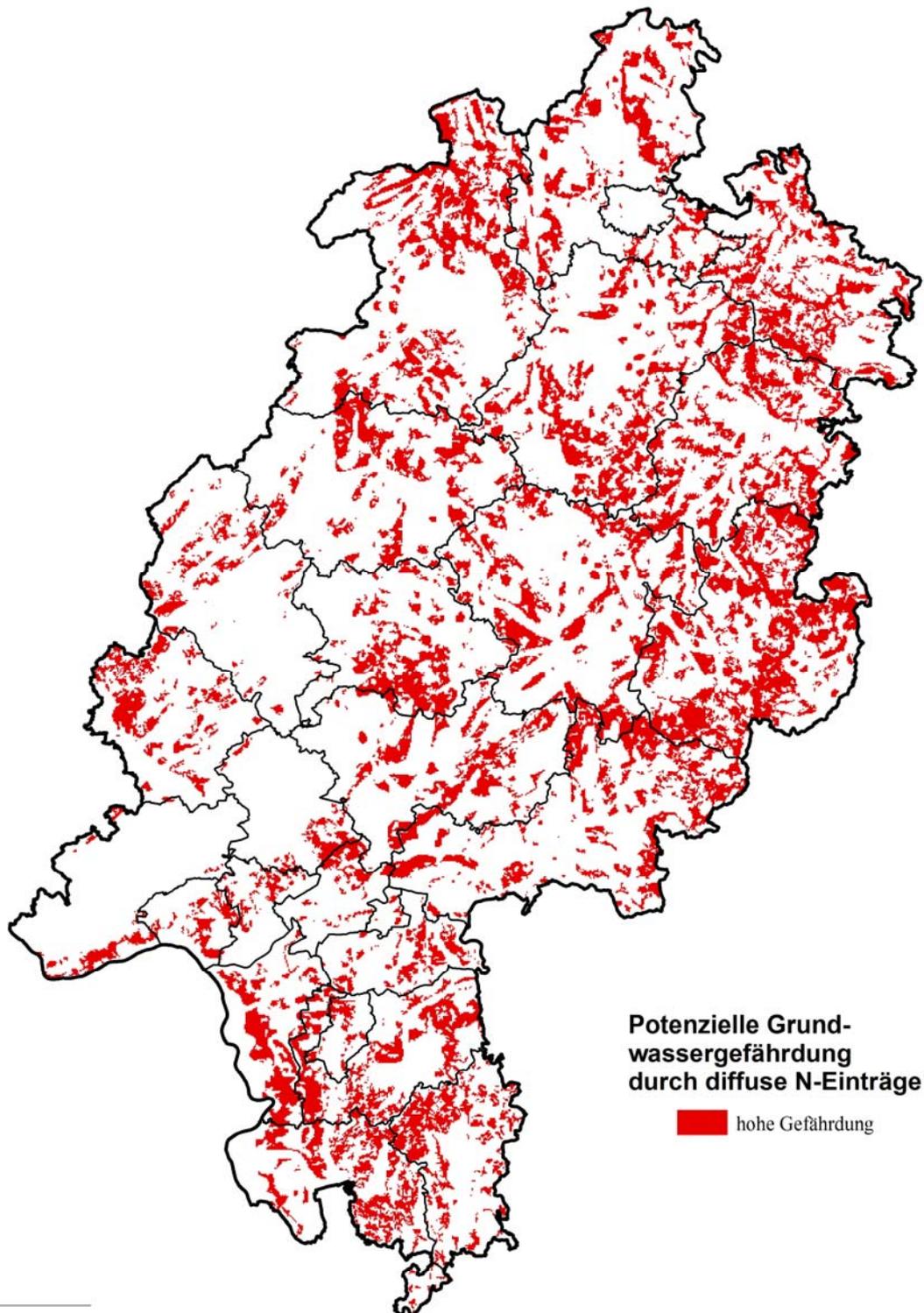
**Karte A-1:** Potenzielles Bodenerosionsrisiko durch Wasser auf Ebene der Schläge



Karte A-2: Ergebnisse der Bestandserfassung der Grundwasserkörper nach WRRL



**Karte A-3:** Potenzielle Grundwassergefährdung durch diffuse Stickstoffeinträge



Quelle:

Berechnungen des Forschungszentrum Jülich, FZJ-ICG IV, Kunkel (2006)

Verwaltungsgrenzen 1 : 250.000, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie © 2006

Institut für Ländliche Räume des vTI  
6-Länder-Ex-post-Bewertung  
gemäß VO (EG) Nr. 1257/1999

