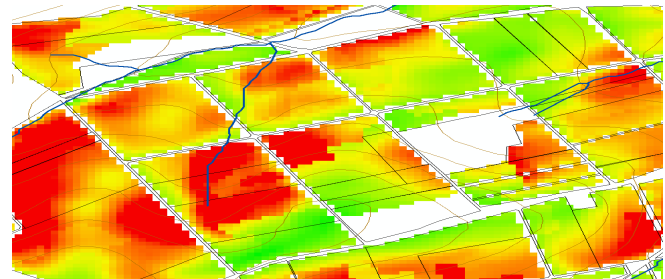


Bodenerosion in Hessen

— Einschätzung und Vorsorge —



Bodenerosion in Hessen

Einschätzung und Vorsorge

Autoren:

Dr. Klaus Friedrich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dez. G 3, Wiesbaden

Dr. Johannes Heyn, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, FG 25, Kassel

Dr. Jörg Hüther, Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, VII Ia, Wiesbaden

Dr. Konrad Mollenhauer, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Justus-Liebig-Universität, Gießen

Dr. Gotthard Schaumberg, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, FG 25, Bad Hersfeld

Dr. Thomas Vorderbrügge, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dez. G 3, Wiesbaden

Walter Zerr, Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, FG VI,3, Bad Hersfeld

Mai 2006

Inhaltsverzeichnis		Seite:
1	Einleitung	3
1.1	Rechtliche Grundlagen zur Erosionsvorsorge und Zielsetzung dieser Broschüre	3
1.2	50 Jahre Erosionsforschung in Hessen	6
2	Bedeutung, Ursachen und Formen der Erosion	7
2.1	Bodenerosion durch Wasser	7
2.1.1	Mögliche Schäden durch Bodenerosion	7
2.1.2	Unterschiedliche Erosionsformen, ihre Entstehung und Bedeutung	8
2.1.3	Besonders gefährdete Böden in Hessen	12
2.1.4	Niederschlag und Bodenerosion	12
2.1.5	Bedeutung des Geländereiefs	13
2.1.6	Einfluss von Bodeneigenschaften und Bewirtschaftung	13
2.2	Bearbeitungserosion	16
2.3	Bodenerosion durch Wind	16
3	Maßnahmen gegen Erosion	19
3.1	Maßnahmen gegen Bodenerosion durch Wasser	19
3.1.1	Grundsätzliche acker- und pflanzenbauliche Erosionsschutzmaßnahmen	19
3.1.2	Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat	25
3.1.3	Kulturtechnische Schutzmaßnahmen	27
3.1.4	Beispiele für unterschiedlich einzustufende Schläge und geeignete Vorsorgemaßnahmen	29
3.2	Schutzmaßnahmen gegen Bodenerosion durch Wind	34
4	Neues Verfahren zur zentralen Ermittlung erosionsgefährdeter Flächen in Hessen	35
4.1	Ziele und Datengrundlagen	35
4.2	Einstufung und Bewertung	36
4.3	Zukünftige Entwicklung und Einführung des Verfahrens in Hessen	39
5	Fazit: Erosion durch Wasser und Vorsorgemaßnahmen	40
Anhang: Abbildungsnachweis		42

1 Einleitung

1.1 Rechtliche Grundlagen zur Erosionsvorsorge und Zielsetzung dieser Broschüre

Erosion bedeutet die Abtragung lockerer Bodenteile der Erdoberfläche durch Wasser oder Wind. Sie ist an vielen Stellen der Erde ein natürlicher Prozess und hat maßgeblich zur Landschaftsgestaltung beigetragen. So wurden durch sie in Folge Abtrags landwirtschaftlich genutzte Flächen vernichtet, aber auch an anderen Stellen durch Anlandungen fruchtbares Land erst geschaffen. Allerdings steht fest, dass die Erosion weltweit durch Nutzung der Böden verstärkt oder oft sogar erst ausgelöst wird. Daher galt und gilt ihr, neben den Schadverdichtungen, dem Verlust organischer Bodensubstanz und dem Schadstoffeintrag, bei allen Aktivitäten zum Schutz des Bodens die größte Beachtung.

Der Erhalt der Fruchtbarkeit von Ackerflächen ist ein wesentlicher Mosaikstein der Nachhaltigkeit und somit im ureigenen Interesse der Landwirtschaft. Mit der Einführung arbeitseffektiver Bodenbearbeitungs- und Bewirtschaftungssysteme im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft im vergangenen Jahr-

hundert schien dieses Ziel jedoch mitunter verloren zu gehen oder zumindest an Bedeutung zu verlieren.

Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) liegt seit 1999 ein bundeseinheitliches Schutzgesetz für das Umweltgut Boden vor. Danach sind die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und vor allem Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Für den Bereich der Landwirtschaft bedeutet die Erfüllung der Vorsorgepflicht, dass sie die in § 17 BBodSchG definierten Anforderungen an die gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung zu beachten hat. Für den Sektor Erosion legt das Gesetz dabei fest, dass Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhält-

nisse sowie der Bodenbedeckung möglichst vermieden werden. Diesen Grundsatz, wie auch die anderen sechs in § 17 BBodSchG festgelegten Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung, sollen die in den Bundesländern zuständigen landwirtschaftlichen Beratungseinrichtungen im Rahmen ihrer Tätigkeit konkretisieren und der Praxis vermitteln.

Auch die auf dem BBodSchG beruhende Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung legt in ihrem § 8, der die Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser zum Inhalt hat, fest, dass über den Weg der Beratung die Ziele des vorbeugenden Erosionsschutzes an die Landnutzer herangetragen werden müssen. Selbst wenn es zu einem Erosionsereignis gekommen ist, ist zunächst der für die landwirtschaftliche Beratung zuständigen Stelle die Gelegenheit zu geben, geeignete erosionsmindernde Maßnahmen zu empfehlen, bevor diese notfalls angeordnet werden müssen.

Neben diesen bodenschutzrechtlichen Vorschriften haben die landwirtschaftlichen Betriebe seit 2005 europaweit die

Vorgaben der Cross-Compliance-Regelungen zu beachten. Danach sind alle Empfänger von Direktzahlungen verpflichtet, sowohl bestimmte europäische Vorschriften bzw. deren Umsetzung in nationales Recht zu beachten, als auch die so genannten anderweitigen Verpflichtungen. Diese haben zum Ziel, die Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand zu erhalten. So ist u.a. der Boden durch Anwendung geeigneter Maßnahmen vor Erosion zu schützen, indem durch nationale Regelungen Vorgaben zur Bodenbedeckung, Bodenbearbeitung und Landschaftsgestaltung festzulegen sind. Die hierzu in Deutschland erlassene Direktzahlungen-Vpflichtungenverordnung beinhaltet zunächst ein Pflugverbot nach Ernte der Vorfrucht bis zum 15. Februar auf 40% der Ackerfläche. Es ist jedoch mittelfristig beabsichtigt, spezielle, das tatsächliche Erosionspotenzial von Ackerflächen berücksichtigende Regelungen zu treffen, die dann auch systematisch zu kontrollieren sind.

Allein diese vorgestellten bodenschutz- und förderrechtlichen Vorschriften begründen, warum der vorliegenden Broschüre eine besondere Bedeutung im

Rahmen der landwirtschaftlichen Beratung zukommt. Der Praxis müssen sowohl die Instrumente zum Erkennen bzw. Beurteilen einer Erosionsgefahr, als auch folglich jene zum Vermeiden von Erosionsereignissen an die Hand gegeben werden, um die Anforderungen an den vorsorgenden Bodenschutz zu erfüllen und Sanktionen zu vermeiden.

Aber auch andere Rechtsbereiche verlangen verstärkt die Berücksichtigung erosionsmindernder Maßnahmen. Hierbei ist an erster Stelle die europäische Wasserrahmenrichtlinie zu nennen. Nach dem Vorliegen der Bestandserhebung ist davon auszugehen, dass bei den bis 2009 zu erstellenden Maßnahmenprogrammen in Flussgebietsgemeinschaften dem Vermeiden des Phosphoreintrags in Oberflächengewässer in Folge von Erosionsereignissen eine große Bedeutung zukommen wird.

Ferner bereitet derzeit die Europäische Kommission eine europäische Bodenschutzrichtlinie vor, die als eine von vier Säulen der EU-Bodenschutzstrategie gilt. Der Richtlinienentwurf sieht vor,

dass die Mitgliedstaaten verstärkt ihre Böden vor weiterer Erosion, Verdichtung und Verringerung der organischen Substanz schützen müssen. Nach Angaben der Kommission sind in der EU 115 Mio. Hektar von Wasser- und 42 Mio. Hektar von Winderosion betroffen und verlangen daher weitere, über die Cross-Compliance-Regelungen und gegebenenfalls schon wie in Deutschland bestehende bodenschutzrechtliche Regelungen hinausgehende Maßnahmen. Hierzu sieht der Entwurf vor, dass die Mitgliedstaaten auf der Grundlage EU-weiter Kriterien Flächen ausweisen müssen, die z.B. von Erosion betroffen sind. Dort sind sodann, vergleichbar dem Vorgehen bei der Wasserrahmenrichtlinie, Maßnahmenprogramme zur Verringerung des Gefährdungspotenzials festzulegen. Die vorliegende Broschüre kann daher schon heute als wichtiger Beitrag zur Bestimmung solcher Regionen sowie zur inhaltlichen Ausgestaltung der zu erstellenden Programme verstanden werden, richtet sich aber zunächst vorrangig an die landwirtschaftliche Praxis, um vorzeitig vermeidbaren Erosionsgefahren und -ereignissen vorzubeugen.

1.2 50 Jahre Erosionsforschung in Hessen

Systeme zur Bewertung und Prognose von flächenhaften Schädigungen durch Wassererosion, zur Ermittlung der Erosionsgefährdung und zur Ableitung entsprechender Maßnahmen gibt es in Hessen etwa seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts. Als Beispiel sei die Nutzungshorizontkartierung Gießener Bodenkundler (H. KURON, L. JUNG und Mitarbeiter) genannt, die der Identifizierung desjenigen genetischen Bodenhorizontes diente, in welchem die aktuelle Ackernutzung stattfand. Bei sogenannten geköpften Profilen konnte dies zum Beispiel der untere B-Horizont oder sogar der C-Horizont sein, was auf vorangegangene erhebliche Erosion schließen ließ. Im Gegensatz dazu ließ sich im Bereich von Mulden oder am Unterhang darstellen, dass sich der Pflughorizont hier in akkumuliertem Abtragsmaterial von oberhalb gelegenen Flächen befand.

Maßnahmen zum Schutz gegen Wassererosion ergaben sich aus der Gefahrenstufenkartierung. Diese basierte auf der Ableitung von fünf, später sechs Gefahrenstufen, die mit Hilfe der Para-

meter Bodenart (teilweise auch Ausgangsmaterial), Hangneigung und Niederschlag ermittelt wurden. Eine Quantifizierung möglicher Abtragsmengen erfolgte dabei nicht; es handelte sich lediglich um eine qualitative Bewertung, allerdings mit daraus abgeleiteten Angaben zu Schutzmaßnahmen. Mittels der Methodik der Gefahrenstufenkartierung und nach deren Weiterentwicklung wurden Ende der 80er Jahre die landwirtschaftlichen Nutzflächen ganz Hessens kartiert (sog. „RICHTSCHEID-Karte“). Diese Karte wird vorwiegend in der Flurbereinigung und bei Planungen eingesetzt. Für den hessischen Weinbau existiert eine spezielle Methodik der Gefahrenstufenkartierung, die auch Elemente der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) enthält.

In den Jahren 1951 bis 1969 wurden Erosionsparzellen auf unterschiedlichen Standorten und unter unterschiedlichen Früchten betrieben, die wesentliche Erkenntnisse zur Erodierbarkeit von Böden, zur erosiven Eigenschaft der Niederschläge und zur Schutzwirkung von Kulturpflanzen erbrachten. Seit 1990 existiert auch eine kleinmaßstäbige Hessenkarte zur Niederschlagserosivi-

tät der ABAG. Umfangreiche Untersuchungen zur konservierenden Bodenbearbeitung und Direktsaat umfassten auch deren Bedeutung für den Erosionsschutz.

Bei der landwirtschaftlichen Beratung für einzelne Flächen greift man vor al-

lem auf die allgemeinen Fachkenntnisse zum Erosionsschutz zurück, in jüngster Zeit allerdings zunehmend auch auf das Konzept der ABAG.

2. Bedeutung, Ursachen und Formen der Erosion

2.1 Bodenerosion durch Wasser

2.1.1 Mögliche Schäden durch Bodenerosion

Bodenerosion schädigt die erodierende Fläche kurz-, mittel- oder langfristig. Sie beeinträchtigt die Bewirtschaftung, führt zu Ertragsausfällen und schädigt die Bodenfruchtbarkeit (sog. „On-site-Schäden“). Langfristig kann ein Standort durch Bodenverluste so flachgründig werden, dass die Ackernutzung völlig ausscheidet.

Bodenerosion kann aber auch benachbarte Areale schädigen: Sie setzt sich unter Umständen in flächenhaften oder linienhaften Formen auf der angren-

zenden Fläche fort, beeinträchtigt geschützte Biotope, schwemmt Boden, Nährstoffe und Schadstoffe in Gewässer, gefährdet Verkehrswege oder bebauten Gelände (sog. „Off-site-Schäden“).



On-site Schaden (JH)



Geringfügiger Off-site Schaden (MV)

Erosionsgefährdung und eingetretene Schäden dürfen also nicht nur danach beurteilt werden, ob die landwirtschaftliche Nutzbarkeit einer Fläche durch Bodenerosion betroffen ist. Auch die Gefährdung oder Schädigung empfindlicher Areale außerhalb der eigentlichen Erosionsfläche ist zu beachten. Sie kann im Einzelfall sogar das eigentlich erhebliche Beurteilungskriterium darstellen, und sie beginnt zudem häufig schon bei Abtragsmengen, die für den Acker, von dem der Abtrag stammt, noch unerheblich erscheinen.

2.1.2 Unterschiedliche Erosionsformen, ihre Entstehung und Bedeutung

Die **flächenhaften Formen**, auch Flächenspülung genannt, fallen dem Beobachter oft nur wenig auf oder werden fälschlicherweise als vernachlässigbar gering erachtet. Sie sind jedoch – im zeitlichen Rahmen von Jahrzehnten oder Jahrhunderten betrachtet – von erheblichem Einfluss auf die landwirtschaftliche Nutzbarkeit einer Landschaft, da sich selbst geringe jährliche Abträge zu erheblichen Bodenverlusten aufsummieren können.

Am Beginn des Entstehens von flächenhaften Erosionsformen steht in der Regel die **Verschlammung** der Bodenoberfläche. Diese besteht in einem Zerstören von Bodenaggregaten durch fallende Regentropfen oder fließendes Oberflächenwasser, in kleinräumiger Verlagerung von Bodenteilchen durch den sogenannten „Splash“, in einem Verschließen von Bodenporen durch abgelöste Bodenteilchen und in einer Einebnung der Bodenoberfläche, also in einem Verlust von Oberflächenrauigkeit. Die Verschlammung führt zu einer

Verringerung der Infiltrierbarkeit der Bodenoberfläche, was bedeutet, dass das Niederschlagswasser vermehrt auf der Bodenoberfläche abfließt und dadurch Bodenabtrag erzeugt. Dazu genügt bereits eine dünne Verschlammungsschicht von z. B. nur zwei Millimetern. Trocknet der Oberboden ab, wird die verschlammte Schicht oft zu einer dichten Kruste.

Die Verschlammung der Bodenoberfläche und die flächenhaften Erosionsformen, zu denen man auch die oft in einer Vielzahl auftretenden kleinen und kleinsten Rillen rechnen kann, werden gefördert durch:

- hohe Schluff- und Feinstsandanteile im Oberboden,
- geringe Humusgehalte,
- instabile Bodenstruktur und
- mangelnde Bodenbedeckung.



Flächenhafter Abtrag (PR)



Linearer Abtrag (JH)

Lineare Erosionsformen sind oft erheblich auffälliger als flächenhafte Formen. Sie treten standortbedingt beispielsweise in hangabwärts verlaufenden Tiefenlinien (Hangmulden), Talwegen oder in der Folge von Hangwasserstritten auf und sollten dort konsequenterweise zum Ausschluss von Ackernutzung, unter Umständen sogar

zum Ausschluss jeglicher landwirtschaftlichen Nutzung führen. An langen Hängen treten sie häufig im Unterhangbereich, teilweise sogar schon im Mittelhangbereich auf, wenn nämlich flächenhafte Erosionsformen nach längeren Fließwegen des Oberflächenwassers und nach dessen Zusammenfließen („Konvergieren“) in linienhafte Formen übergehen.

Außer durch bestimmte natürliche Reliefeigenschaften werden lineare Erosionsformen durch Bewirtschaftungsfehler verursacht. Hier sind es vor allem hangabwärts verlaufende Vorgewende, die verdichtet oder zerfahren sind, und Ansatzfurchen, die von dem hangabwärts fließenden Oberflächenabfluss oft in erheblichem Maße ausgeräumt werden. Vor allem aber ist es immer wieder die im Hanggefälle verlaufende Bewirtschaftung, in erster Linie bei Hackfrüchten und Mais, die linienhafte Erosion auslöst. Je nach Ausprägung der Bewirtschaftungsspuren (vom Eggenstrich bis zur Radspur) und vor allem je nach deren Anzahl kommt es dabei zu über die ganze Fläche verteilten linearen Formen mit umfangreichen Ablagerungen am Unterhang (**flächenhaft-lineare Erosion**). Aber auch eine Be-

wirtschaftung entlang der Kontur kann, wenn sie nicht exakt genug durchgeführt wird, in Hangmulden letztlich zu linienhafter Erosion führen.



Flächenhaft-linearer Abtrag (PR)

Linienhafte Formen können, je nach dem Relief oder dem Kleinrelief der Bodenoberfläche, sich verzweigen oder aber auch zu größeren Formen zusammenfließen. Flächenhafte Formen gehen an langen Hängen häufig in lineare über, da es reliefbedingt oft zu einem Zusammenfließen des Oberflächenabflusses kommt.



Linearer Abtrag in Hangmulde trotz Querbewirtschaftung (PR)

Lineare Erosion ist nicht zuletzt deshalb so kritisch zu betrachten, weil die Verlagerungsvorgänge dabei konzentriert auftreten und dadurch auch besonders weit reichen können, z. B. bis in ein Gewässer, selbst wenn dieses nicht unmittelbar an die Erosionsfläche grenzt.



Eintrag von Erosionsmaterial in ein Gewässer (MV)



Erosionsauslösender Fremdwasser-eintritt in eine Fläche (MV)

Erosion auf einer Fläche, insbesondere auch lineare Erosion, wird häufig auch dadurch hervorgerufen, dass aus einem oberhalb der betroffenen Flächen liegenden Bereich oder von einem oberhalb verlaufenden Weg Oberflächenwasser in die Erosionsfläche eintritt. Solche Oberflächenabflüsse können sogar von intensiv genutzten Grünlandflächen stammen oder über eine Wegfläche oder einen Entwässerungsgraben aus einem Waldareal kommen. Abflüsse von Wegen oder aus Gräben sind häufig Folge deren unzureichender Anlage oder schlechter Unterhaltung.

2.1.3 Besonders gefährdete Böden in Hessen

In Hessen sind es vor allem die durch Böden aus Löss und Buntsandstein geprägten Landschaften, in denen unter Ackernutzung die Gefahr von Boden-erosion durch Wasser besteht. Dies betrifft beispielsweise Lössböden im Rheingau, in der Wetterau, im Limburger Becken und in der niederhessischen Senke und feinkörnig verwitterte Böden in den osthessischen Buntsandsteingebieten. Erosionsgefährdet sind also vor allem Bodenarten mit hohen Schluff- und Feinstsandanteilen.

2.1.4 Niederschlag und Bodenerosion

Generell führen Starkregen zu Erosionsvorgängen. Sie treten im Sommerhalbjahr vor allem als kurzfristige hochintensive Schauer oder als langanhaltende Regenphasen mit hohen Niederschlagssummen auf. Im Winterhalbjahr sind es die langanhaltenden oder häufigen Regenfälle, die zwar meist eine vergleichsweise geringe Intensität besitzen, aber auf einen bereits wasser-gefüllten oder gefrorenen Boden treffen, der sie nicht mehr aufnehmen

kann, und dies unter Umständen auch schon bei mäßigen Niederschlagssummen. Auch Schneeschmelze führt häufig zu Bodenabtrag, namentlich wenn sie auf nur oberflächlich aufgetautem, in bereits geringer Tiefe aber noch gefrorenem Boden stattfindet, der kein oder kaum Sickerwasser aufnehmen kann.



Wasser auf der Fläche (MV)

Starkregen treten in bestimmten Gebieten zwar häufiger auf als in anderen, manchenorts sogar gehäuft, grundsätzlich muss aber jeder Landwirt in Hessen damit rechnen, dass es auf seinen Flächen zu erosiven, unter Umständen sogar hoch erosiven Niederschlägen kommen kann.

2.1.5 Bedeutung des Geländereiefs

Schäden durch Bodenerosion durch Wasser sind besonders gravierend in denjenigen Gebieten, in denen auf mehr oder weniger hängigem Gelände intensive Ackernutzung stattfindet. Allerdings belegen Untersuchungen Gießener Bodenkundler, dass es unter bestimmten Bewirtschaftungssituationen auf leicht erodierbaren, schluffreichen Böden bereits bei Geländeneigungen von 1,5 bis 2 % zu deutlicher Bodenerosion kommen kann. Das bedeutet, dass auch die scheinbar ebenen Flächen in den hessischen Senkenlagen nicht grundsätzlich als ungefährdet zu betrachten sind.

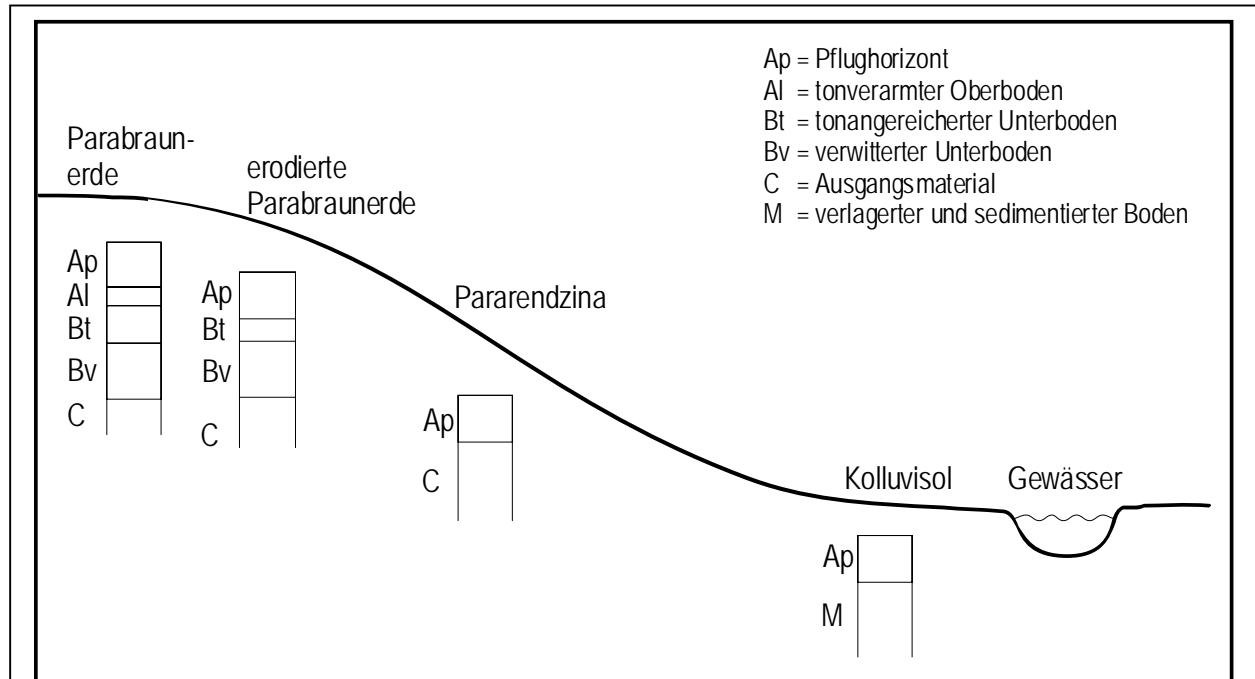
Bei der Bewertung der Einflüsse des Reliefs auf die Bodenerosion durch Wasser kommt es in der Regel nicht nur auf das durchschnittliche Hanggefälle an. Neigungswechsel im Hangverlauf, Querneigungen und hangabwärts verlaufende Hangmulden (auch wenn diese nur schwach ausgeprägt sind) können für das Erosionsgeschehen ebenso von entscheidender Bedeutung sein. In den wenigsten Fällen ist nur eine einzige Reliefform innerhalb eines größeren Schlages anzutreffen. Häufig

finden sich nämlich Kombinationen ebener bis gering geneigter Bereiche mit stärkeren Hangneigungen auf dem gleichen Ackerschlag.

2.1.6 Einfluss von Bodeneigenschaften und Bewirtschaftung

Der Zustand des Oberbodens und der Bodenoberfläche wird von den Eigenschaften des Bodens (der **Erodierbarkeit**) und von der **Bewirtschaftung** bestimmt.

Ausgangspunkt für die Beurteilung der Erodierbarkeit eines Bodens ist die Bodenart des Oberbodens, also die Zusammensetzung des Bodensubstrats nach Korngrößen. Der Gehalt an organischer Substanz, die Aggregatgrößen der Krume, die Wasserdurchlässigkeit des Bodenprofils und eine gegebenenfalls vorhandene partielle Steinbedeckung der Bodenoberfläche kommen hinzu. In der für die Erosionsvorhersage häufig herangezogenen ABAG nach WISCHMEIER (und anderen) wird anhand dieser Eigenschaften die Erodierbarkeit des Bodens als sogenannter „K-Faktor“ berücksichtigt.



Querschnitt durch einen Standardhang mit Abtrags- und Auftragsbereichen, dadurch entstandenen Bodenprofilen und einem gefährdeten Off-site-Bereich

Erläuterungen (Ackernutzung unterstellt):

- ◇ Wenig Abtrag entsteht in den obersten, gering geneigten Lagen.
- ◇ Starker Abtrag entsteht in den am stärksten geneigten oberen Mittelhangbereichen.
- ◇ Zu Abtrag und beginnender Ablagerung kommt es in den unteren Mittelhangbereichen, wobei der Abtrag allerdings noch überwiegt.
- ◇ Am Unterhang findet überwiegend Ablagerung statt.
- ◇ Weiter reichende Verlagerungsvorgänge führen häufig zu Off-site-Schäden, z.B. in einem Gewässer.
- ◇ Eine längere Erosionsgeschichte führt zu unterschiedlichen Bodentypen und unterschiedlicher Mächtigkeit des Bodens über dem Ausgangsmaterial.

Maßgeblich mitbestimmend für den Bodenzustand und für die Frage, ob und in welchem Ausmaß es im Einzelfall zu Erosionsvorgängen kommt, sind aber auch die aktuellen Bewirtschaftungsbedingungen. Beides, die Bodeneigenschaften und die Bewirtschaftung, entscheiden darüber,

- ob die Stabilität der Bodenaggregate gegenüber der verschlammenden Wirkung der fallenden Regentropfen bzw. der des abfließenden Oberflächenwassers ausreicht,
- ob eine die Struktur und die Stabilität des Oberbodens schützende Decke aus Pflanzen bzw. Pflanzenresten existiert,
- ob die Bodenoberfläche genügend rau ist, um den Oberflächenabfluss in Mulden zurückzuhalten oder seine Fließgeschwindigkeit zu reduzieren und
- ob der Boden aufnahmefähig für Wasser ist, also genügend und bis an die Oberfläche reichende Grobporen bzw. ein ausreichendes Speichervolumen besitzt.



Verschlammte Fläche (TH)



Raue Oberfläche (MV)

Durch „gute fachliche Praxis“ kann der flächennutzende Landwirt hier bodenschützend, bodenschonend und bodenverbessernd eingreifen (Einzelheiten siehe Kap. 3).

Besonders kritisch wird es dagegen, wenn die Bewirtschaftung die durch Bo-

den- und Reliefeigenschaften bedingte standörtliche Erosionsgefährdung nur wenig berücksichtigt oder berücksichtigen kann. Hier sind es insbesondere:

- Fruchtfolgen mit längeren Phasen ohne oder mit nur geringer Bodenbedeckung,
- die Bearbeitung der Flächen in Richtung des Hanggefälles oder schräg dazu,
- Bodenverdichtung oder andere Strukturschäden hervorrufende Bewirtschaftungsweisen,
- ein hangabwärts verlaufendes, verdichtetes Vorgewende mit Ansatzfurche,
- die fehlerhafte ackerbauliche Nutzung problematischer Hangmulden oder
- die ackerbauliche Nutzung zu langer Hänge ohne bodenschützende Maßnahmen.



Problem Vorgewende (JH)



Im Hintergrund problematisches Vorgewende eines hangparallel bearbeiteten Ackers (KM)

2.2 Bearbeitungserosion

Eine völlig andere Form des Bodenabtrags ist die Bearbeitungserosion („tillage erosion“), über deren Ausmaß man noch relativ wenig weiß, von der erste Ergebnisse aber vermuten lassen, dass sie beträchtlich ist. Sie besteht darin, dass bei der Bodenbearbeitung auf mehr oder weniger geneigten Flächen durch den Bearbeitungsvorgang angehobene Bodenaggregate bzw. Schollen nicht mehr auf den gleichen Punkt zurückfallen, sondern schwerkraftbedingt hangabwärts versetzt abgelagert werden. Dieser von den Mechanismen der Wasser- oder Winderosion unabhängige Verlagerungsvorgang tritt vorrangig beim Pflügen, aber auch beim Grubbern auf. Insofern ist auch bei reduzierten Formen der Bodenbearbeitung Bearbeitungserosion nicht ausgeschlossen.

Im Laufe der Zeit (über Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte) wandert so der Oberboden nach und nach den Hang hinunter. Waldrandstufen zum Beispiel können auch dadurch entstanden sein. Die Landwirte kennen dieses Problem im allgemeinen und sind daher bemüht, beim Pflügen entlang der Hangkontur den Boden öfter nach oben zu „schla-

gen“. Wird jedoch hangaufwärts oder hangabwärts gearbeitet, ist eine solche Schutzmaßnahme nicht möglich, zumal bei hangabwärts gerichteter Bearbeitung am Hang, insbesondere bei relativ schnellem Pflügen, Boden ohnehin hangabwärts verschleppt wird.

2.3 Bodenerosion durch Wind

In der Untermainebene und im Hessischen Ried treten Flugsande und meliorierte Niedermoore auf, die teilweise ackerbaulich bzw. gärtnerisch genutzt werden, unter anderem für Gemüse und speziell auch für Spargel. Prinzipiell muss hier mit Winderosion gerechnet werden, zumal es sich um relativ niederschlagsarme Gebiete handelt. Einzelne Winderosionsereignisse sind in Hessen zwar bekannt, jedoch handelt es sich dabei nur in Ausnahmen um gravierende Fälle. Zu Schutzmaßnahmen gegen Winderosion wird auf Kapitel 3 verwiesen.



Winderosion (in Norddeutschland)
(WS)



Durch Winderosion geschädigte Flächen (in Norddeutschland)
(WS)

Standortfaktoren der Winderosion sind:

- die Klimaerosivität, d.h. die Häufigkeit bestimmter Windstärken, vor allem bei trockenen Wetterlagen,
- die Windoffenheit der Landschaft und
- die Bodeneigenschaften: Bodenart (vor allem feinsandreiche Böden und Moor- bzw. Anmoorböden), Humusgehalt, Wasserhaushalt.

Nutzungsfaktoren sind:

- die Feldlänge in Hauptwindrichtung,
- die Früchte und Fruchtfolgen,
- die Bodenbearbeitung und
- die von Fruchtfolge und Bearbeitung abhängige Bodenbedeckung und Bodenfeuchte.

3 Maßnahmen gegen Erosion

3.1 Maßnahmen gegen Bodenerosion durch Wasser

Ziel einer Schutzmaßnahme ist es, die Aufprall-, Zerschlagungs- und Abflussprozesse an der Bodenoberfläche zu verringern bzw. zu unterbinden. Bodenerosion kann in der Regel nicht durch Einzelmaßnahmen, sondern nur durch ein Maßnahmenpaket vermindert werden.

3.1.1 Grundsätzliche acker- und pflanzenbauliche Erosionsschutzmaßnahmen

Minimierung der Zeitspannen ohne Bodenbedeckung

Mit Pflanzen und Pflanzenresten bedeckte Böden werden vor Erosion geschützt. Pflanzenbewuchs fördert die erwünschte Krümelstruktur und das Bodenleben. Deshalb sind die Zeitspannen ohne Pflanzenbedeckung möglichst kurz zu halten.

Die Erosionsgefährdung nimmt mit zunehmender Bodenbedeckung durch Pflanzen oder Pflanzenreste ab. Eine

beträchtliche Schutzwirkung beginnt bereits bei mehr als 30 % gleichmäßig verteilter Bodenbedeckung.

Besonders erosionsanfällig sind Flächen mit Hackfrüchten, wie Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln beim Anbau auf gefährdeten Hängen, wenn sie nach konventioneller Bearbeitung bestellt werden. Fehlende Bodenbedeckung in den Herbst- und Wintermonaten sowie im Frühjahr erhöhen die Gefahr des Bodenabtrags. Auch intensive Sommerniederschläge können bei diesen Kulturen größere Erosionsereignisse hervorrufen.

Die erosionsbeeinflussende Wirkung einer einzelnen Kultur kann aber nur im Zusammenhang mit der Fruchtfolge gesehen werden, in der sie steht. Diese ist nicht nur eine Abfolge von Hauptfrüchten, sondern ermöglicht durch Einschalten von Untersaaten und Zwischenfrüchten eine vergleichsweise lang anhaltende Bodenbedeckung.

Wie Fruchtfolgen unter dem Gesichtspunkt der Bodenbedeckung gestaltet sein können, zeigt die nachfolgende Tabelle.

Fruchtfolgen	Monate												Monate												Monate											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Winterweizen	●	●																																		
Wintergerste								●	●																											
Körnermais																																				
Winterweizen (KB)																																				
Wintergerste								●	●																											
Körnerraps																																				
Winterweizen	●	●																																		
Silomais																																				
Silomais																																				
Winterweizen	●	●																																		
Senf (ZF)																																				
Silomais (KB)																																				
Silomais																																				
Phazelia (ZF)																																				
Zuckerrübe (KB)																																				
Winterweizen																																				
Wintergerste																																				
Winterweizen (KB)																																				
Winterweizen (St)																																				
Wintergerste																																				
Körnerraps *)																																				
Grünland																																				

Verschiedene Fruchtfolgebeispiele mit Phasen unterschiedlicher Bodenbedeckung und kritischer Beeinträchtigungen der Bodenoberfläche

Bodenbedeckung in % :  0-5  6-30  > 30

(Vermehrte Bodenbedeckung bedeutet verbesserten Erosionsschutz.)

- Phase, in der sich starke mechanische Beeinträchtigungen der Bodenoberfläche (infolge Erntemaßnahmen festgefahren oder als Saatbett fein gekrümelt) besonders erheblich erosionsfördernd auswirken können

(KB) Konservierende Bodenbearbeitung

(ZF) Zwischenfrucht

(St) Stoppelweizen

*) Körnerraps hier in einer vierfeldrigen Fruchtfolge; es folgt Winterweizen (KB)

(Neben der Bodenbedeckung durch Pflanzen und Pflanzenreste und den genannten Beeinträchtigungen der Bodenoberfläche wurden keine weiteren erosionsbeeinflussenden Faktoren berücksichtigt.)

Untersaaten

Untersaaten bedecken den Boden während und nach der Vegetationszeit der Hauptfrucht und können dadurch die Wassererosion mindern. Das kann vorrangig für in Reihen bestellten Mais Bedeutung haben. Allerdings ist ihre Aussaat aus Konkurrenzgründen erst im 4- bis 5-Blattstadium des Maises möglich. Damit bleiben Maisflächen in frühen Entwicklungsstadien besonders erosionsanfällig.

Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser zwischen Hauptfrucht und Untersaat, insbesondere in Trockengebieten, so-

wie die Kosten und der Arbeitsaufwand für die Ausbringung der Untersaat tragen dazu bei, dass Untersaatenanbau nur sehr zögerlich praktiziert wird.

Zwischenfruchtanbau

Zwischenfrüchte schützen einerseits als Pflanzenbestand und andererseits als Mulch bis zur nächsten Kultur die Bodenoberfläche vor der erodierenden Wirkung von Wasser. Sie tragen zu einer möglichst dauerhaften Bodenbedeckung in der Fruchtfolge bei. Dies gilt vor allem für lange Brachezeiten zwischen Winter- und Sommerfrüchten.

Der Zwischenfruchtanbau wird durch folgende Rahmenbedingungen erschwert: Zusätzlicher Arbeitsaufwand sowie die Kosten für das Saatgut verteuern die Produktion (kostengünstiges Saatgut: Senf/Ölrettich). Die Zwischenfruchtaussaat wird häufig in Folge verspäteter Hauptfruchternte unmöglich gemacht. Auch der Wasserverbrauch durch die Zwischenfrüchte kann in niederschlagsarmen Regionen der Hauptfrucht schaden.

Strohmulch

Unter Strohmulch wird auf der Bodenoberfläche liegendes oder sehr flach eingearbeitetes Stroh verstanden. Durch die Bedeckung wird der Boden vor der Energie der aufprallenden Regentropfen geschützt. Gleichzeitig verbessert die Zufuhr an organischer Substanz das Infiltrations- und Speichervermögen des Bodens. Dieser kann mehr Wasser aufnehmen, wodurch Oberflächenabfluss und somit Bodenabtrag vermindert werden.



Unterschiedliche Bodenbedeckung mit Stroh: 30 % – 60 % – 90 % (FAL)

Aufbau und Erhalt einer guten Bodenstruktur

Ein stabiles Bodengefüge mindert die Verschlämmung und Erosion. Die Stabilität der einzelnen Bodenteilchen, der Aggregate, wird durch Kalkung, Düngung und Zufuhr organischer Substanz gefördert.

Die richtige Kalkmenge orientiert sich an den Vorgaben des VDLUFA und der landwirtschaftlichen Beratung.

Der Humusgehalt im Boden lässt sich durch Ausbringen organischer Dünger, durch Zwischenfruchtanbau und dem Verbleib von Ernteresten auf dem Feld steigern. Dadurch wird auch die biologische Aktivität des Bodens gefördert.

Neben ihrer Funktion in der Umsetzung organischer Substanz in pflanzenverfügbare Nährstoffe verbessern die Bodenorganismen auch die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Sie arbeiten Pflanzenrückstände ein, durchmischen und lockern die Böden und verbessern damit die Durchlüftung und die Wasserhaltefähigkeit (Zunahme der Makroporen).

Die Stoffwechselprodukte der Organismen tragen zu einem stabileren Gefüge

(Aggregatstabilität) und auch zu einer Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit bei.

Organisches Material in der obersten Bodenschicht lockt die Regenwürmer nach oben. Die so geschaffenen vertikalen Regenwurmröhren sind eine natürliche Drainage und sorgen somit für eine bessere Regenverdaulichkeit. Dadurch sinkt die Verschlammungsneigung der Bodenoberfläche.



Regenwurmgänge sind eine natürliche Drainage (JH)

Vermeidung von Bodenschadverdichtungen

Krumenbasis- und Unterbodenverdichtungen über ein bestimmtes Mass hinaus mindern die Versickerung des

Wassers in den Unterboden. Damit bleibt der Oberboden länger nass, verschlämmt leichter und wird für Abtragsvorgänge anfälliger.

Die Ursachen sind im Zusammenwirken von physikalischen Eigenschaften der Böden und den Einflüssen fehlerhafter Bewirtschaftung zu suchen. Das Befahren bei zu hoher Bodenfeuchte, hohe Radlasten, hohe Kontaktflächendrücke oder zu häufiges Überrollen führen zu Verdichtungen, die bis weit in den Unterboden nachzuweisen sind. Der richtige Bearbeitungszeitpunkt ist besonders bei empfindlichen Böden von Bedeutung.

Im Sinne des Bodenschutzes ist es das Ziel der Bewirtschaftung, eine für die jeweilige Bodenart möglichst hohe Tragfähigkeit zu schaffen.

Zur Vermeidung von Schadverdichtungen bieten sich zwei grundlegende Maßnahmenpakete an:

a) Verbesserung der Tragfähigkeit des Bodens durch:

- Nichtwendende Bodenbearbeitung
- Verbleib von Pflanzenresten, Mulch und organischer Düngung im oberflächennahen Bereich.

- Auflockerung von verschlämmten und verkrusteten Bodenoberflächen

b) Verringerung der Belastung des Bodens durch:

- Einsatz von Breit-, Terra-, Zwillings- und Niederdruckreifen, Raupenfahrwerken u.ä.
- Verwendung einer Reifendruckregelanlage
- Nichtausschöpfen der Lade- bzw. Bunkerkapazität
- Senken der Überrollhäufigkeit (Gerätekombination)
- Onland-Pflügen



Zwillingsbereifung zur Verringerung der Bodenbelastung (Werkbild Fendt)



Onland-Pflügen zur Vermeidung von Unterbodenverdichtung (JH)

Höhenlinienparallele Bearbeitung

Hangabwärtsgerichtete Fahr und Bearbeitungsspuren leiten das abfließende Wasser und sind oft Auslöser von Bodenabtrag. Daher sollte dort, wo es möglich ist, die Hauptarbeitsrichtung quer zum Hanggefälle verlaufen, im Idealfall höhenlinienparallel. Konservierende Bearbeitungsverfahren vermindern die Bildung erosionsbegünstigender Fahrspuren.

Im Einzelfall kann es trotz Querbearbeitung bei übermäßigem Wasserangebot zum Durchbruch und damit zu linearer Erosion kommen.

3.1.2 Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat

Die **konservierende Bodenbearbeitung** wird möglichst zeitnah mit dem Aussaattermin durchgeführt. Die Saat erfolgt nach flacher, nicht-wendender Bearbeitung in die Erntereste der Vorfrucht, in die Zwischenfrucht oder in die Untersaat.

Bei dem **Direktsaatverfahren** erfolgt keine Bodenbearbeitung. Pflanzenreste und organische Dünger werden auf der Bodenoberfläche belassen. Wegen dieser meist dichten Auflage organischer Masse sind für die Aussaat spezielle Säegeräte erforderlich.

Ziele beider Bearbeitungsweisen sind der Aufbau und die Sicherung eines tragfähigen Bodengefüges sowie die Förderung eines funktionstüchtigen Porensystems durch längere Bodenruhe. Die Bearbeitungsintensität nach Art, Tiefe und Häufigkeit des mechanischen Eingriffs wird reduziert. Auf dabei möglicherweise auftretende phytosanitäre Probleme kann der Landwirt auch durch Gestaltung der Fruchtfolge reagieren. Ebenso sind Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen anzupassen.

Durch die Zunahme der Trespe, die im Rahmen der Fruchtfolge nur bedingt zurückgedrängt werden kann, ist in den vergangenen Jahren der verstärkte Einsatz von Nachauflaufferbiziden erforderlich geworden. Neben der Einschränkung der Anwendung dieser Mittel innerhalb bestimmter Getreidekulturen ist dabei auch die Wirkung auf den Nachbau zu beachten.

Ein höherer Mäuse-, Schnecken- und Fusariendruck ist möglich.

Besonders für die Schneckenbekämpfung stehen Schneckenkornpräparate mit einer gewissen Regenbeständigkeit zur Verfügung. Schnecken, wie auch Mäuse können vor Saataufgang auch durch Walzen der Fläche reduziert werden.



Direktsaat in Getreidestoppel (JH)



Zwischenfrucht als Mulchsaat (JH)

Sowohl bei der konservierenden Bodenbearbeitung als auch bei der Direktsaat ist durch die Wahl von abfrierenden Zwischenfrüchten, z.B. von Senf, ein späterer Durchwuchs zu vermeiden.

Bei beiden Verfahren sind Saatzeitpunkt und Aufgang aufgrund der langsameren Abtrocknung und Erwärmung des Bodens häufig verzögert.

Der Wasserhaushalt wird in Folge des verringerten Oberflächenabflusses verbessert, was in Trockenjahren oder in niederschlagsarmen Regionen für die Bestände von Bedeutung sein kann.

Entscheidend für den Erosionsschutz ist nicht zuletzt, dass bei beiden Verfahren die Bodenoberfläche durch die Bedeckung mit organischem Material vor Schaden durch Regentropfenaufprall

und Oberflächenabfluss geschützt wird. Wirksame Effekte sind ab einer Bodenbedeckung von ca. 20 – 30 % zu erwarten.

Die Bereitstellung von organischem Material und die Beschattung steigert die biologische Aktivität des Bodens. Dadurch wird die Aggregatstabilität erhöht und die Struktur verbessert, was für die Aufnahme des Niederschlagswassers in den Boden und die Durchlüftung von Bedeutung ist.

Im Vergleich zu Pflugverfahren wird die Bodenerosion durch konservierende Bodenbearbeitung deutlich reduziert. Bei Direktsaat kann sie im Vergleich zum Pflugverfahren nahezu vollständig vermieden werden.

3.1.3 Kulturtechnische Schutzmaßnahmen

Wenn allein durch ackerbauliche Maßnahmen eine ausreichende Schutzwirkung nicht erreicht werden kann, müssen zusätzlich kulturtechnische Maßnahmen angewendet werden. Ein Teil dieser Maßnahmen kann vom Landwirt selbst umgesetzt werden, ein anderer Teil ist nur überbetrieblich bzw. im

Rahmen von Flurbereinigungsverfahren durchführbar.

Filterstreifen aus Gras oder Gehölzen

Filterstreifen werden sowohl in der Hangfläche als auch am Hangfuß, z.B. entlang von fließenden oder stehenden Gewässern angelegt. Ihre Wirksamkeit hängt einerseits stark von der vorherrschenden Erosionsform, andererseits von der Streifenbreite, und der verwendeten Pflanzenart ab. Filterstreifen mit Breiten unter 10 Metern sind wenig effizient. Filterstreifen reduzieren die Geschwindigkeit des oberflächlich abfließenden Wassers und halten das mittransportierte Bodenmaterial zurück. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass je nach Breite (10 bis 30 Meter) der größte Teil des Abtragmaterials durch Grasstreifen zurückgehalten wird. Ihre Wirksamkeit ist gefährdet wenn sie durch lineare Erosionsformen durchbrochen werden.

Das Ausmaß der Bodenerosion nimmt mit zunehmender erosionswirksamer Hanglänge zu, so dass eine Reduzierung der erosionswirksamen Hanglänge notwendig sein kann.

Geeignete Maßnahmen:

- Gliederung des Hangs durch Wechsel in der Fruchtart
- Gliederung des Hangs mit Hecken, Feldgehölzen, Grünland etc.
- Anpassen der Schlaggröße und -ausrichtung, der Wegeführung und der Landschaftsstrukturelemente
- Anlegen von Fanggräben mit einem Anschluss an die Vorflut oder an spezielle Versickerungsbereiche
- Anlegen von Wasserfurchen
- Nutzungsänderung

Vermeidung von Fremdwasserzutritt

Bodenerosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kann durch den Zutritt von Fremdwasser aus hangaufwärts liegenden Flächen ausgelöst oder verstärkt werden. Dieses Fremdwasser kann auch von Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen sowie von Baustellen zufließen, wenn Niederschlagswasser von diesen Flächen nicht ordnungsgemäß abgeführt wird. Aber auch aus Wäldern oder Grünland kann Fremdwasser auf Ackerflächen übertreten, wenn die dortigen Böden zur schnellen Abflussbildung neigen. Diese

ist insbesondere dann gegeben, wenn die Böden sehr gering mächtig sind, also nur wenig Niederschlagswasser speichern können, wenn die Versickerung in tiefere Bodenschichten gestört ist oder wenn oberflächennahe Verdichtungen - zum Beispiel durch Viehtritt auf Weiden - eine schnelle Aufnahme des Niederschlages verhindern. Besonders kritisch zu bewerten sind temporär oder länger auftretende Hangquellen.

Geeignete Maßnahmen:

- Ordnungsgemäße Fassung und Abführung von Wasserabfluss aus Nachbarflächen.
- Anlage von Fanggräben oder Fangdränen mit Anschluss an die Vorflut oder an spezielle Versickerungsbereiche.

3.1.4 Beispiele für unterschiedlich einzustufende Schläge und geeignete Vorsorgemaßnahmen

Für die Beratung steht ein umfangreicher Maßnahmenkatalog mit einer Vielzahl von Möglichkeiten zu Verfügung. Generell wird allerdings empfohlen, die Maßnahmen in Abhängigkeit vom Ausmaß der Erosionsgefährdung im

Sinne einer Handlungs- bzw. Entscheidungskaskade abgestuft zu entwickeln. Mit zunehmender Erosionsgefährdung sollte auch die Intensität der Maßnahmen zunehmen.

Anhand der drei nachfolgenden Beispiele wird die Notwendigkeit einer abgestuften Bewertung und einer Beratung zu differenzierten Maßnahmen deutlich.

Beispiel 1: (TV)

geringe Neigung
keine Verschlämmung
keine konvergierenden Formen
kein Zufluss aus benachbarten Flächen



Beurteilung des Schlages:

Die Erosionsgefährdung dieses Schlages ist insgesamt als gering einzustufen. Die Krume ist gekennzeichnet durch geringe Verschlammungsneigung, der Schlag ist nicht zu lang und schwach bis mittel geneigt, so dass die Abflussgeschwindigkeit von Niederschlagswasser gering ist und Bodenabtrag nur in geringem Umfang zu erwarten ist. Es sind keine konvergierenden Oberflächenformen vorhanden, in denen sich Oberflächenabfluss sammeln könnte. Ein Zufluss von benachbarten Flächen ist ebenfalls nicht zu erkennen.

Eine Bewirtschaftung, die die Vorgaben der „Guten fachlichen Praxis“ umsetzt, genügt somit den Anforderungen des Bodenschutzes. Beratungsbedarf ist nicht gegeben.

Beispiel 2: (TV)

Verschlämmung in Fahrspuren und Leitlinien



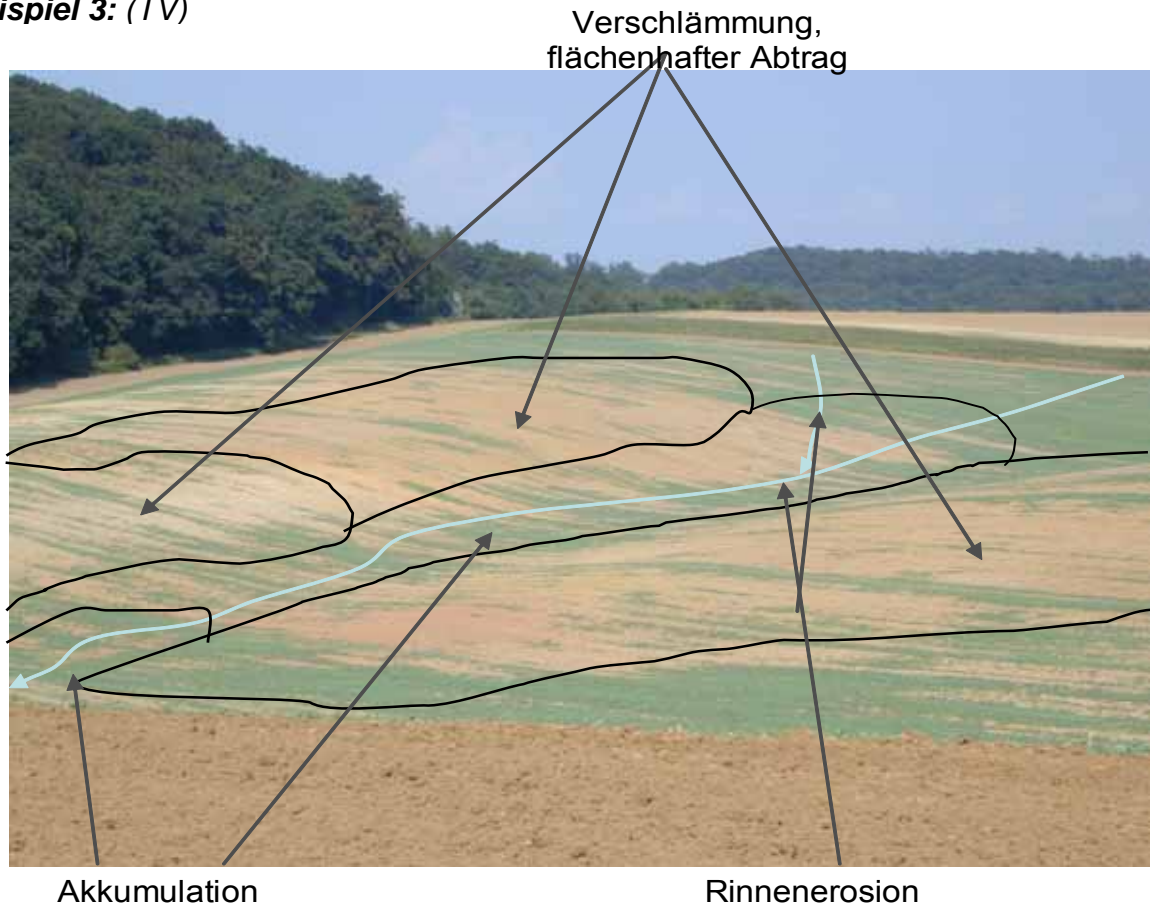
Beurteilung des Schlages:

Die Erosionsgefährdung dieses Schlages ist insgesamt als mittel bis hoch einzustufen. Die Krume ist gekennzeichnet durch starke Verschlämmung sowie Verdichtung in den Fahrspuren und im Krumbereich. Der Schlag ist zwar nicht zu lang und nur schwach bis mittel geneigt, doch führt die Bewirtschaftungsweise zu Abfluss und Abtrag in Leitlinien wie Fahrspuren und Zwischenreihen. Im Bereich des Vorgewendes

kommt es zu Sedimentablagerungen sowie zu massiven Verdichtungen. Das Material fließt z.T. in die Vorflut ab.

Eine Beratung hätte hier dafür Sorge zu tragen, dass die Aufnahme von Niederschlagswasser in der Krume bis in den Unterboden deutlich erhöht werden, dass eine Untersaat im Mais den Abfluss reduziert und der Sedimenttransport in die Vorflut unterbunden wird. Jede Form der nicht wendenden Bewirtschaftung wäre hier angezeigt. Als weitere Möglichkeit wäre zu prüfen, ob die Bearbeitung höhenlinienparallel erfolgen kann. Es besteht Beratungsbedarf.

Beispiel 3: (TV)



Beurteilung des Schlages:

Die Erosionsgefährdung dieses Schlages ist insgesamt als hoch bis sehr hoch einzustufen. Die Krume ist gekennzeichnet durch starke Verschlämmung und Verlust an Oberbodenmaterial und organischer Substanz (deutlich zu erkennen an den Aufhellungen) sowie durch Verdichtung. Der Schlag ist nicht zu lang und schwach bis stark geneigt, er zeigt eine ausgeprägte Tiefenlinie.

Die Bewirtschaftungsweise führt zu Abfluss und Abtrag in Leitlinien wie Fahrspuren und Zwischenreihen. Das Niederschlagswasser aus großen Einzugsbereichen sammelt sich in der Tiefenlinie. Ein weiterer Zufluss von benachbarten Flächen ist gegeben. Im unteren Schlagbereich kommt es zu Sedimentablagerungen. Bei starken Niederschlägen kann ein Teil des Bodenmaterials in die Vorflut (Graben) oder in benachbarte Schläge abfließen.

Eine ordnungsgemäße Landwirtschaft hat hier das Ziel, unter Beseitigung vorhandener Verdichtungen die Aufnahme von Niederschlagswasser in den Boden deutlich zu erhöhen und den Sedimenttransport in die Vorflut zu unterbinden.

Konservierende Bewirtschaftungsverfahren sind hier angezeigt, insbesondere in den Bereichen mit Verschlämmung und Oberflächenabfluss. Auch ist der Zufluss von Nachbarschlägen zu unterbinden.

Dennoch entstehender Abfluss ist spätestens an der unteren Schlaggrenze zu stoppen, möglicherweise durch kulturtechnische Maßnahmen. Können in den abflusswirksamen Hangbereichen keine effektiven Maßnahmen durchgeführt werden, käme als Alternative für die Hangmulde eine Dauerbegrünung in Frage.

Der Beratungsbedarf ist sehr groß.

3.2 Schutzmaßnahmen gegen Bodenerosion durch Wind

Ziel von Schutzmaßnahmen ist es, die Windgeschwindigkeit in Bodennähe zu reduzieren und die Bewegung der aufgewirbelten Bodenteilchen sowie ein schnelles Austrocknen der Böden zu verhindern. Erfolgreicher Winderosionsschutz kann meist nicht durch Einzelmaßnahmen, sondern nur durch ein Maßnahmenpaket erzielt werden.

Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat

Ziel eines wirkungsvollen Schutzes gegen Winderosion muss es sein, die Bodenoberfläche ganzjährig vor dem erosiven Angriff des Windes zu schützen. Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat in Kombination mit Zwischenfruchtbau sind wirkungsvolle Maßnahmen. Sie sollen den Bedeckungsgrad des Bodens und die Feuchte des Oberbodens erhöhen und die Bodenoberfläche stabilisieren.

Windschutzhecken

Windschutzhecken entlang der Feldgrenzen, vor allem gegen die Hauptwindrichtung, verkürzen die Feldlänge und können einen wirkungsvollen Schutz bieten. Einen wichtigen Einfluss

auf die Effizienz von Windschutzhecken haben ihr mehrstufiger Aufbau und ihre Wuchshöhe. Windschutzhecken müssen aber auch eine gewisse Durchlässigkeit besitzen, da sonst schädliche Luftwirbel entstehen können. Unterbrechungen der Hecken, z. B. durch Feldzufahrten, sind nach Möglichkeit zu vermeiden oder auf ein Minimum zu beschränken, da es an diesen Stellen zu Düsenwirkungen mit der Folge erhöhter Geschwindigkeiten kommen kann.

Die Länge der durch eine Windschutzhecke windberuhigten Zone im Feld beträgt auf der Wind zugewandten Luvseite das drei- bis fünffache der Heckenhöhe, auf der Wind abgewandten Lee-seite das zehn- bis zwanzigfache.

4 Neues Verfahren zur zentralen Ermittlung erosionsgefährdeter Flächen in Hessen

Im Einzelfall ist im Rahmen der Erosionsberatung die Geländebegehung und eine aus dem Erfahrungsschatz abgeleitete individuelle Empfehlung die optimale Herangehensweise. Zur Ermittlung der Gefährdung einzelner Flächen durch Wassererosion stehen die ABAG und die hessische „RICHTSCHEID-Karte“ zur Verfügung. Um jedoch große Areale für regionale oder gar landesweite Betrachtungen einheitlich zu bewerten, sind strukturierte und formalisierte Auswertungen aller Ackerschläge an zentraler Stelle nötig. Dazu wird hier eine neue Methode vorgestellt.

Grundlage für die systematische Ermittlung gefährdeter Flächen ist eine möglichst genaue Information über die erosionsbestimmenden Faktoren. Gleichzeitig muss der Aufwand für die Auswertung in vertretbarem Rahmen bleiben und die Grunddaten müssen hessenweit flächendeckend, aber auch in gleich bleibender Qualität verfügbar sein.

4.1 Ziele und Datengrundlagen

Während die Winderosion in Hessen nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt, stellt die Bodenerosion durch Wasser ein typisches Problem für hessische Mittelgebirgslandschaften dar.

Unter dem Oberziel der Erosionsvermeidung gibt es innerhalb der hessischen Landwirtschafts- und Umweltverwaltung derzeit unterschiedliche Projektvorhaben mit spezifischen Zielvorgaben:

- Bewertung von Bewirtschaftungseinheiten zur Klassifizierung von erosionsgefährdeten Flächen in Umsetzung der Vorgaben des § 5 des Direktzahlungen-Verpflichtungen-Gesetzes (Cross Compliance).
- Typisierung von Bewirtschaftungseinheiten und Bereitstellung von teilschlagspezifischen Daten und Karten für die individuelle Beratung zu vorsorgenden Bodenschutzmaßnahmen nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz.

- Umsetzung weiterer Maßnahmen bzw. Anordnungen im Rahmen des Boden- und Umweltschutzes, z.B. die Ausweisung von erosionsgefährdeten Bereichen als Ausgleichsflächen im Rahmen der hessischen Kompensations-Verordnung.

Ziel des neuen Verfahrens zur Ermittlung der Erosionsgefährdung hessischer Ackerflächen ist es, detaillierte Auswertungen für Teilschläge bereitzustellen, die im Rahmen dieser unterschiedlichen Fragestellungen spezifisch klassifiziert oder bewertet werden können. Somit wird projekt- und methodenübergreifend ein landesweit einheitliches Vorgehen angestrebt, welches sich gleichzeitig konform in den Rahmen der bundesweit vorgesehenen Regelungen zur Umsetzung der Cross-Compliance-Vorschriften einfügen muss.

Grundlage sind landesweit verfügbare Daten mit weitgehend gleichem Qualitätsstandard, die auf den Schlag bezogene Aussagen zulassen. In Hessen stehen hier zur Verfügung:

- Abgrenzung von Bewirtschaftungseinheiten (Schlagkartei aus IN-VEKOS GIS)
- Abgrenzung von Feldblöcken (Wege aus ATKIS DLM25)
- Daten der Bodenschätzung:
 - a) Bodenschätzungsfolie 042 der Amtlichen Liegenschaftskarte (ALK)
 - b) Amtliche Liegenschaftskarte Folie 001 (Flurstücke) in Verbindung mit dem Schätzungsnachweis des Amtlichen Liegenschaftsbuches (ALB) Folie 32
- Daten zur Abbildung des Oberflächenreliefs (Digitales Höhenmodell)
- Daten der Starkniederschläge auf der Gemarkungsebene (R-Faktoren)

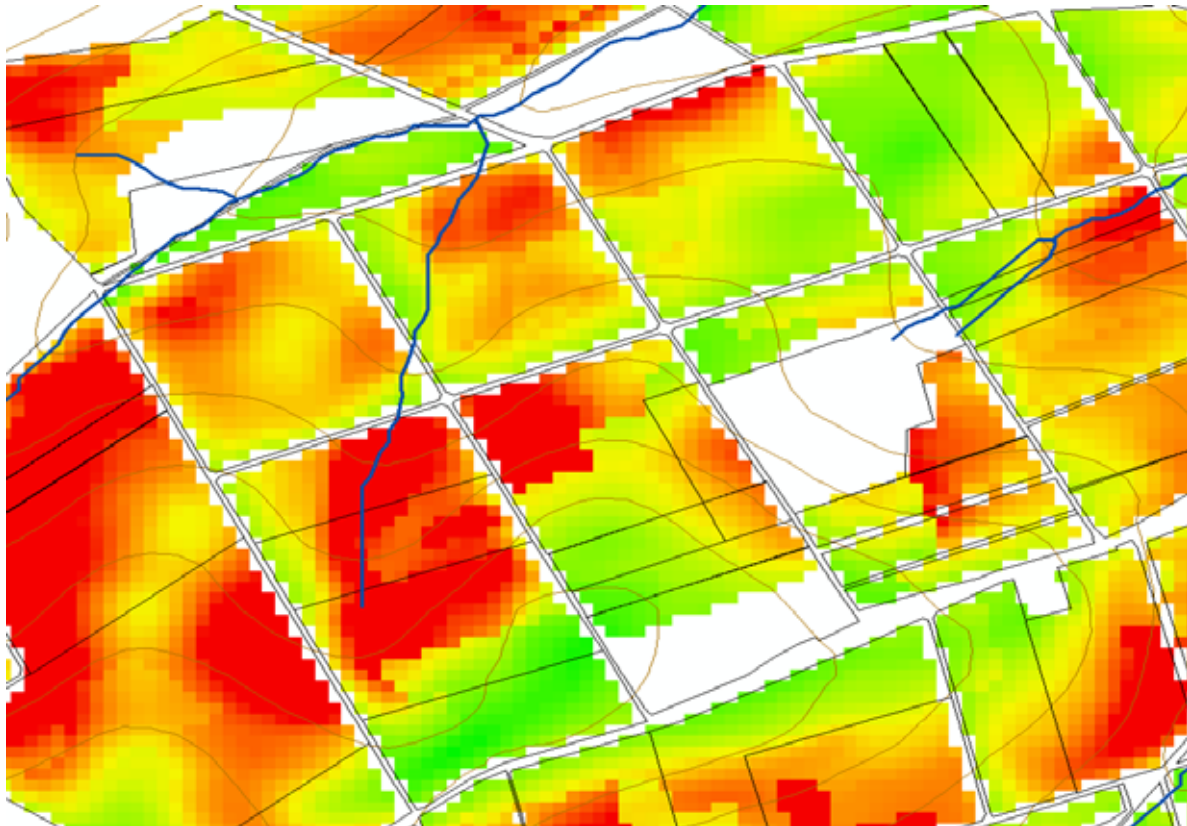
4.2 Einstufung und Bewertung

Durch Verknüpfung der Daten zu Bodeneigenschaften, Relief, abflusswirksamer Fläche und Niederschlag lässt sich die Erosionsgefährdung jeder hessischen Ackerfläche ableiten. Auch innerhalb eines Schlages lassen sich differenzierte Aussagen für einzelne Teilflächen treffen. In Karte 1 wird anhand eines Beispiels gezeigt, wie diese Ableitung der Erosionsgefährdung und deren Einteilung in 5 Klassen zu detaillierten Teilflächeninformationen führen können. Diese lassen sich zur Festset-

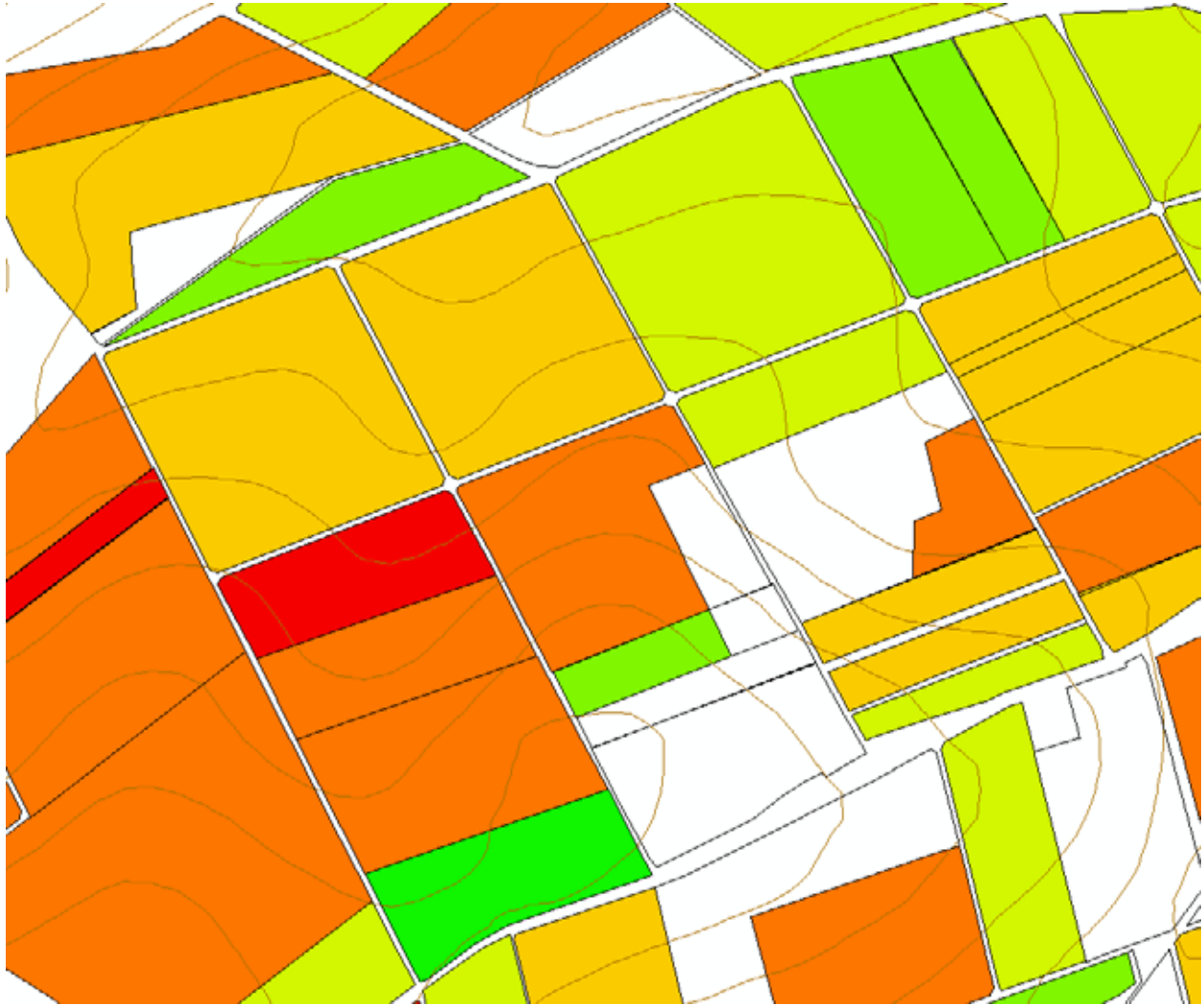
zung spezifischer Vorsorgemassnahmen in Umsetzung der „guten fachlichen Praxis“ nach dem Bodenschutzgesetz nutzen.

In Karte 2 ist jeder Schlag in sich einheitlich mit dem Klassenmittelwert gekennzeichnet, der sich aus den unter-

schiedlichen Teilflächenanteilen ergibt. Eine derartige Schlageinteilung oder Klassifikation kann für die Umsetzung der Cross-Compliance-Regelungen oder zur Auswahl von Kompensationsflächen im Rahmen der Ausgleichsregelungen erforderlich werden.



Karte 1 *Beispiel für eine differenzierte Darstellung der Erosionsgefährdung (KF)*



Karte 2 Darstellung der Erosionsgefährdung als Mittelwert von Ackerschlägen (KF)

Erosionsgefährdung:

■ sehr gering ■ gering ■ mittel ■ hoch ■ sehr hoch □ Grünland

4.3 Zukünftige Entwicklungen und Einführung des Verfahrens in Hessen

Wie bereits erwähnt, kann das hessische Bewertungsverfahren im Zuge der Umsetzung der sich aus dem § 5 des Direktzahlungen-Verpflichtungen-Gesetzes ergebenden Regelungen genutzt werden. Hier ist zur Zeit bundesweit vorgesehen, alle durch einen Gefährdungsmittelwert gekennzeichneten Flächeneinheiten (in Hessen: Schläge) unter bestimmte Bewirtschaftungsauflagen zu stellen. Es ist geplant, einen Katalog zu entwickeln, aus dem die erforderlichen Massnahmen im Einzelfall ausgewählt werden können.

Darüber hinaus können die teilschlagspezifischen Detailinformationen im Rahmen der sich aus dem Bundes-Bodenschutzgesetz ergebenden Verpflichtung zu vorsorgenden erosionsmindernden Maßnahmen genutzt werden. Hierzu besteht die Vorstellung, die schlagspezifischen Detailinformationen aus dem Internet abzurufen und für den Landwirt oder seinen Berater als Entscheidungsgrundlage für die im Einzelfall anzuwendenden Maßnahmen zur Verfügung zu stellen.

Für die Einführung des neuen hessischen Verfahrens in den Verwaltungsvollzug bestehen konkrete Zeitplanungen. Das vorgestellte Bewertungsverfahren wird seit 2005 getestet. Nach der Bearbeitung erster Pilotgemarkungen erfolgt seit 2006 eine großflächige Umsetzung und technische wie inhaltliche Weiterentwicklung des Verfahrens. Bis Anfang 2007 sollen dann landesweite Auswertungen zur Verfügung stehen, die in der Beratung eingesetzt und auf Plausibilität geprüft werden können. Eine Festschreibung des Verfahrens ist dann für Ende 2007 vorgesehen.

Weitere Informationen zu diesem Verfahren bei Hessischer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (HLUG), Wiesbaden, Herrn Dr. Klaus Friedrich.

5 Fazit: Erosion durch Wasser und Vorsorgemaßnahmen

Ursachen	Auswirkungen	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • erosive Niederschläge • ungebremster Aufprall des Niederschlags • mangelnde Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens • unzureichende Bodenbedeckung • zu fein bearbeitete bzw. zu dichte Oberfläche • geringe Gefügestabilität • geringer Anteil an organischer Substanz • geringe biologische Aktivität • geringer Regenwurmbesatz • Krümen- und Krümenbasisverdichtung • ungünstige Korngrößenzusammensetzung • abflussförderndes Relief (Hangneigung, Hanglänge, hangabwärts führende Mulden) • Fremdwasserzufuhr • Hangwasseraustritt • Fahr- und Bearbeitungsspuren • abflussfördernde Saat- und Pflanzreihen • Bearbeitungsschäden 	<ul style="list-style-type: none"> • Zerschlagen der Bodenaggregate • Verstopfung von Poren durch eingespülte Bodenteilchen • Trennung von Ton- und Schluffpartikeln • Verlust an Humus, dadurch weiterer Verlust an Aggregatstabilität • Ausbildung von Verschlammungskrusten • verminderte Infiltration der Niederschläge • eingeschränkter Gasaustausch • verminderter Saataufgang • erhöhter Oberflächenabfluss • Bodenverlust • Verlagerung bzw. Verlust von Saatgut, Pflanzennährstoffen und Pflanzenbehandlungsmitteln • Verkürzung der Bodenprofile • Bewirtschaftungserschwerenis • Schädigung benachbarter Flächen und Gewässer • Verschmutzung von Verkehrs- und Siedlungsflächen 	<p><u>Oberziele:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vermeiden von On-site-Schäden • Vermeiden von Off-site-Schäden <p><u>Unterziele:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • raue und für Wasser und Gasaustausch durchlässige Bodenoberfläche • hohe Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens • verminderte Schleppkraft des Oberflächenabflusses • hohe Gefügestabilität • reduzierte Aufprallwirkung der Niederschläge • hoher Bodenbedeckungsgrad • keine Bodenschadverdichtungen • hohe biologische Aktivität des Bodens, insbesondere hoher Regenwurmbesatz

Bodenbearbeitung	Bewirtschaftung	Kulturtechnik
<ul style="list-style-type: none"> • geringe Eingriffsintensität bevorzugen • konservierende Bearbeitungsverfahren • Bodenbearbeitung nur wenn der Boden ausreichend abgetrocknet ist • Bei Pflug Sommerfurche bevorzugen • Minderung der mechanischen Belastung (Kontaktdruck, Überrollhäufigkeit) • Vermeidung hangabwärts gerichteter Bearbeitung (im Idealfall höhenlinienparallel) • durch Konturbearbeitung die Verweilzeit des Wasser in Mulden etc. verlängern • Schaffung einer rauen Bodenoberfläche • Beseitigung von Bodenschadverdichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> • langanhaltende Bedeckung in der Fruchtfolge, möglichst geschlossene Pflanzenbestände • Zwischenfruchtanbau, Untersaaten • längere Brachezeiten vermeiden • Zufuhr organischer Substanz • Bodenleben fördern, insbesondere Regenwurmbesatz erhalten oder erhöhen • pH-Wert optimieren • Einsatz gefügeschonender Technik, Vermeiden von Schadverdichtungen • Einsatz spezieller Saatverfahren (z.B. Mulchsaat, Direktsaat, Breitsaat) • Anlage von Filterstreifen • Streifenanbau zur Verkürzung der erosiven Hanglänge • Stilllegungsmaßnahmen zielgerichtet auswählen • Verzicht auf erosionsanfällige Kulturen in der Fruchtfolge • Verzicht auf Ackernutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung eines Kleinreliefs mit zahlreichen Mulden speichern • schadloses Abführen von Oberflächenabfluss (z.B. Begrünen von Talwegen oder offenen Mulden) • abflussfördernde, offene Mulden komplett aus der ackerbaulichen Nutzung nehmen • Anlage von Strukturelementen (z.B. Filterstreifen, Rainen, Gehölzen, Terrassen) • Schlaggröße und –ausrichtung ändern • Bereiche mit Hang- und Quellwasseraustritt gezielt begrünen oder Wasser ableiten • Fremdwasserzutritt unterbinden

Abbildungsnachweis:

KF	K. Friedrich, HLUG, Wiesbaden
TH	T. Harrach, JLU, Gießen
JH	J. Heyn, LLH, Kassel
KM	K. Mollenhauer, JLU, Gießen
PR	P. Richtscheid, HELELL, Wiesbaden
WS	W. Schäfer, LBEG, Hannover
FAL	J. Brunotte u. B. Ortmeier, FAL, Braunschweig
MV	M. Vogt, LLH, Alsfeld
TV	T. Vorderbrügge, HLUG, Wiesbaden
Titelbild	M. Vogt, LLH, Alsfeld
Zeichnung	K. Mollenhauer u. R. Köhler, JLU, Gießen