

Zentrum für
Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung



MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT,
UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG
DES LANDES BRANDENBURG



INFORMATION SHEFT

zum landwirtschaftlichen
Bodenschutz im Land Brandenburg
Teil Bodenerosion

Impressum:**Herausgeber:**

Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung
Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam
E-mail: pressestelle@mlur.brandenburg.de

Autorenkollektiv

unter Leitung von

Prof. Dr. Monika Frielinghaus, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung
Dipl. agr. ing. Barbara Winnige, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung

Dr. Detlef Deumlich, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung
Dr. Roger Funk, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung
Dr. Walter Schmidt, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau
Dr. Jürgen Thiere, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung
Dipl. agr. ing. Lidia Völker, ZALF Müncheberg, Institut für Bodenlandschaftsforschung

Druck:

Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft
Postfach 13 70
15203 Frankfurt (Oder)
Telefon: 0335/5217100
LVL TZ AT 115/2001

Abdruck von Auszügen honorarfrei. Wir bitten um Quellenangabe und Belegexemplar.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen von Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung Brandenburgs zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Bodenschutz im Land Brandenburg	3
1.1	Ziel des Bodenschutzes	3
1.2	Schutz vor Bodenerosion in den Rechtsgrundlagen	7
1.3	Beratung zum vorsorgenden Bodenschutz in Brandenburg	9
1.4	Zusammenfassender Ausblick	9
2	Bodenerosion im Land Brandenburg – Bedeutung und Risiken	10
2.1	Was ist Bodenerosion	10
2.2	Verlauf der Wassererosion	11
2.3	Faktoren, die die Wassererosion hervorrufen und beeinflussen	12
2.4	Orientierungswerte für ein beginnendes Wassererosionsrisiko	16
2.5	Verlauf der Winderosion	16
2.6	Faktoren, die die Winderosion hervorrufen und beeinflussen	17
2.7	Orientierungswerte für ein beginnendes Winderosionsrisiko	21
2.8	Schäden infolge der Bodenerosion	21
2.8.1	Flächeninterne Schäden (OnsiteSchäden)	21
2.8.2	Flächenexterne Schäden (OffsiteSchäden)	23
3	Bewertung der Bodenerosionsrisiken in Brandenburg	26
3.1	Ermittlung des potentiellen Wassererosionsrisikos und die standort-spezifische Präzisierung [A]	28
3.2	Ermittlung des potentiellen Winderosionsrisikos und die standortspezifische Präzisierung [A]	31
3.3	Bewertung der Landnutzung hinsichtlich des Risikos der Wasser- und Wind-erosion [B]	33
3.4	Bewertung der tatsächlichen Erosionsrisiken auf der Basis von Standort und Bodennutzung zur Ableitung von Empfehlungen zur Vorsorge [C]	37
4	Maßnahmen der Vorsorge gegen Bodenerosion in Brandenburg	39
4.1	Allgemein bodenschonende Bewirtschaftung zur Erhöhung der Bodenbe-deckung	40
4.2	Konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat zur Erhöhung einer schützenden Bodenbedeckung	45
4.3	Erosionsmindernde Flurgestaltung zur Verminderung der Fließstrecken und der Windoffenheit	52
5	Planungsgrundlagen und -methoden zur Erarbeitung von Bodenschutz-konzepten mit dem Ziel der Verminderung der Wasser- und Winderosion	53
5.1	Vorhandene Planungsunterlagen und Datenbeschaffung	53
5.2	Planungsmethoden - Bewertung der Wasser- und Winderosion am Beispiel des Einzugsgebietes des Batzlower Mühlenfließes	54
	Literatur	72

In dem vorliegenden Heft werden Darstellungen und Entscheidungshilfen für die Praxis zur Erkennung und Vermeidung erosionsbedingter Risiken und Schäden am Boden und der Umwelt gegeben.

Die Erarbeitung des Heftes erfolgte in Abstimmung mit dem vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) zur Zeit erarbeiteten Materials mit dem Titel

„Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion“.

Dieses Heft ist bevorzugt zur Information folgender Zielgruppen gedacht:

⇒ **Berater für den Bodenschutz**

⇒ **Landwirtschaftsämter**

⇒ **Untere Bodenschutzbehörden**

⇒ **Wasserwirtschaftsämter**

⇒ **Naturschutzbehörden**

⇒ **Landwirte**

⇒ **Naturschützer**

⇒ **Agrar- und Landschaftsplaner**

⇒ **Studenten**

1 BODENSCHUTZ IM LAND BRANDENBURG

1.1 Ziel des Bodenschutzes

Die Böden Brandenburgs sind sehr verschieden und unterschiedlich bewertet (Abb. 1).

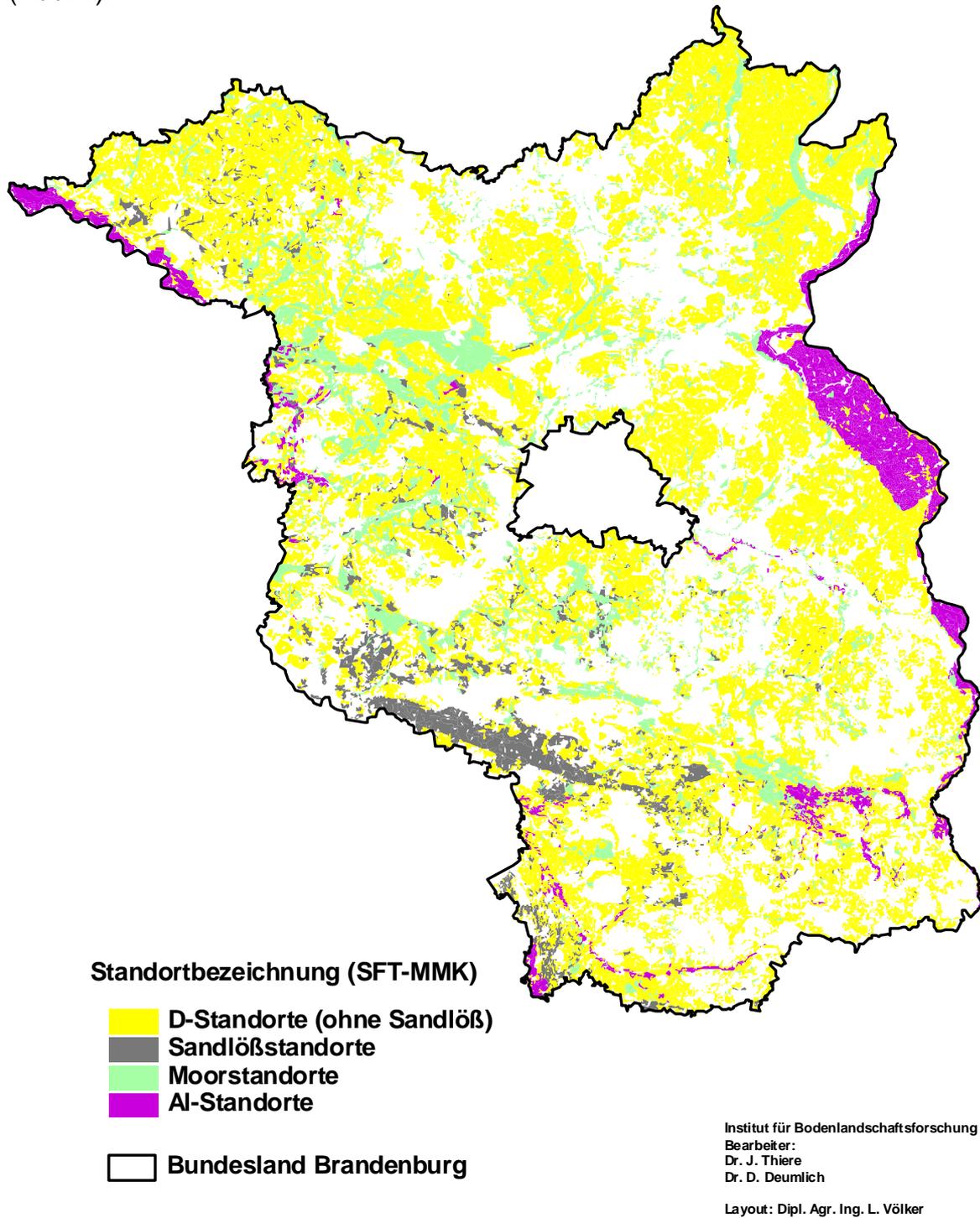


Abb. 1: Substratflächentypen der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung für Brandenburg

Alle Böden haben wichtige Funktionen zu erfüllen. Nachfolgend werden einige ausgewählte Funktionen zitiert, die im Zusammenhang mit der Bodenerosion stehen.

Auszug aus dem Bundesbodenschutzgesetz (BbodSchG), Erster Teil, § 2:

...(2) Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes

1. natürliche Funktionen als

- a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
- c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,...

3. Nutzungsfunktionen als...

- c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung

Für die Erfüllung dieser Nutzungs- und Umweltfunktionen muss der Boden eine bestimmte Qualität aufweisen. Aufgrund der Standortbedingungen, zu denen das kontinental beeinflusste Klima mit relativ geringen Jahresniederschlägen und das von der Eiszeit geprägte Relief gehören, ist die Bodenqualität in Brandenburg im Vergleich z. B. zu Lößgebieten hinsichtlich der Produktionsfunktion in vielen Regionen eingeschränkt.

Die vielfach vorkommenden Sandböden mit geringen Humusgehalten und verminderter Wasserhaltefähigkeit garantieren in trockenen Jahren keine stabilen Erträge. Außerdem wechseln die Bodeneigenschaften auf engem Raum, so dass es in allen Jahren zu Ertragsausfällen kommt. Dieser Wechsel der Bodenarten ist für Brandenburg typisch.



Abb. 2: Heterogener Sandboden im Einzugsgebiet des Batzlower Mühlenfließes (Grundlage Color-Infrarot-Luftbild)

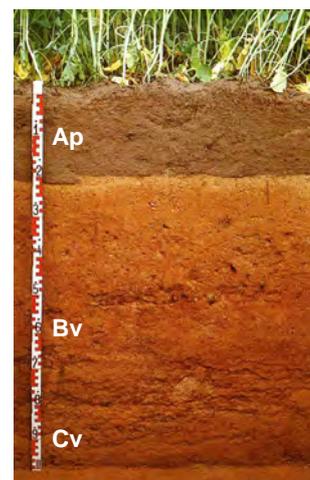


Abb. 3: Profil eines Sandbodens

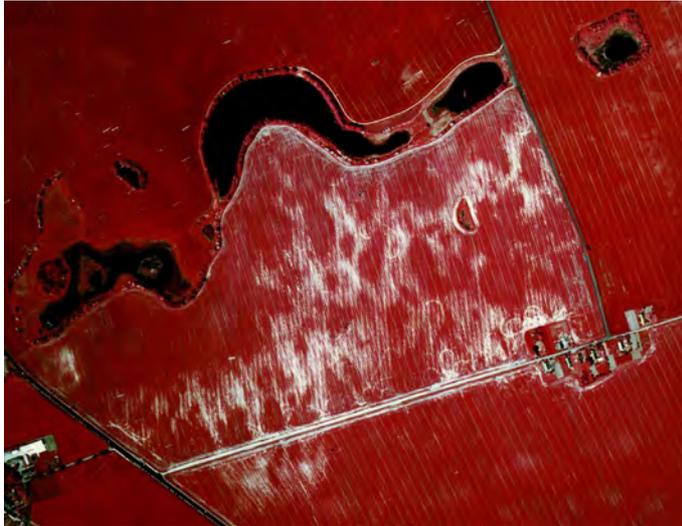


Abb. 4: Heterogener Lehmstandort in der Uckermark
(Grundlage Color-Infrarot-Luftbild)



Abb. 5: Profil eines flachgründigen, steinigen und kalkhaltigen Bodens (Pararendzina)

Ausnahmen bilden die fruchtbare Uckermark (Abb. 6) und die schweren Böden des Oderbruchs (Abb. 7) mit hohen und stabilen Erträgen.



Abb. 6: Wintergetreidebestand in der Uckermark



Abb. 7: Zuckerrübenbestand im Oderbruch

Für die Erfüllung der Lebensraum- und Regelfunktionen müssen aber alle Böden eine ausreichende Qualität aufweisen, da sie eine begrenzte, nicht erneuerbare Ressource darstellen. Unter den klimatischen und Nutzungsbedingungen, die gegenwärtig vorhanden sind, findet keine Bodenrenewaldung statt. Um so wichtiger ist es, durch sorgsamem Umgang mit der vorhandenen Ressource eine nachhaltige Nutzungsmöglichkeit zu gewährleisten. Zur Zeit beträgt der reale Verlust an Boden durch Versiegelung in der BRD täglich 120 ha. Das bedeutet einen quantitativen, nicht ausgleichenden Verlust. Es bedarf staatlicher Regelungen zur Reduzierung dieses Verlustes. Keinesfalls dürfen weiterhin dazu noch Qualitätsverluste in großem Umfang kommen, weil sonst die Nachhaltigkeit nicht gewährleistet werden kann. Es gibt eine Reihe von Prozessen in der Bodenlandschaft Brandenburgs, die das Risiko einer Qualitätsverschlechterung bedeuten können (Abb. 8).

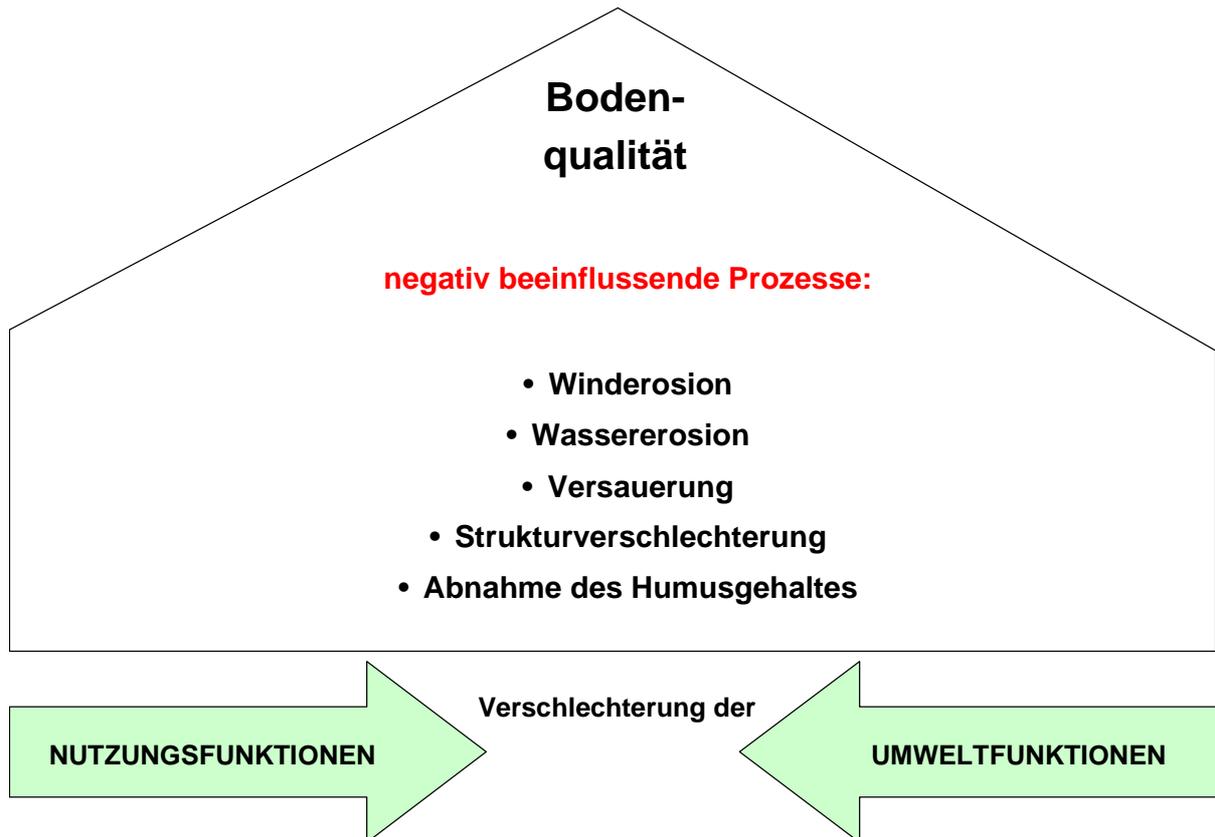


Abb. 8: Schema zur Bodenqualitätsveränderung

Flächenmäßig am bedeutendsten sind die negativen Prozesse der Bodenerosion und Bodenverdichtung in Brandenburg zu beurteilen. Da es eine große Anzahl von Möglichkeiten gibt, gegen beide Erscheinungen Vorsorge zu betreiben, kann die negative Wirkung allerdings bis auf ein Restrisiko reduziert werden.

Nachfolgend wird das Konzept der Bodenerosionserkennung, der Bewertung und der Vorsorgemaßnahmen dargestellt und an Beispielen aus Brandenburg erläutert.

Da das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundesbodenschutzverordnung länderspezifisch und in Verantwortung der Bundesländer untersetzt werden müssen, soll dies ein Beitrag dazu sein.

1.2 Schutz vor Bodenerosion in den Rechtsgrundlagen

Es gibt in Deutschland bereits eine Reihe von Rechtsbereichen mit Bodenschutzklauseln:

- Gesetze mit *unmittelbar* bodenschützendem Inhalt
 - **Bundesbodenschutzgesetz**
 - Bundesberggesetz
 - Bundesimmissionsschutzgesetz
 - Bundesnaturschutzgesetz
 - Düngemittelgesetz mit Düngeverordnung
 - Düngemittelverordnung
 - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz mit Klärschlammverordnung
 - Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz für Pflanzenschutzmittel
- Gesetze mit *mittelbar* bodenschützendem Inhalt
 - Bundeswaldgesetz
 - Flurbereinigungsgesetz
 - Wasserhaushaltsgesetz
- Bodenschutz durch Planungsnormen
 - Baugesetzbuch
 - Raumordnungsgesetz
 - Landesplanungsgesetze

Diese Vielfältigkeit bedeutete bisher eine große Zersplitterung und wurde der Rolle der Böden in der Umwelt nicht gerecht.

Mit der Verabschiedung des **Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG)** 1998 und der **Bodenschutzverordnung** 1999 ist der Boden jetzt nach Wasser und Luft ein gesetzlich geschütztes Umweltmedium. Wesentliche Inhalte des Gesetzestextes sind die Regelung der beiden Schutzziele Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen (Vorsorge) sowie Sanierung von Bodenschäden (Nachsorge). Damit kommt auch die Bodenerosion stärker ins Blickfeld.

Mit den Untergesetzlichen Regelwerken ist die Verpflichtung des § 4 (Pflichten zur Gefahrenabwehr) präzisiert. Den Ländern wird die Verantwortung für die Realisierung des § 8 (Werte und Anforderungen) zur Gefahrenabwehr und des § 17 (Vorsorge) übertragen worden.

Was ist aus diesen Verpflichtungen für die landwirtschaftliche Nutzung in Gebieten mit einem Erosionsrisiko relevant?

In Brandenburg ist die Gefahr der Bodenerosion vorhanden und wird vielfach unterschätzt. In den meisten Fällen kann der Pflicht zur Vorsorge unter den hiesigen Witterungs- und Standortbedingungen mit geeigneten, dem Erosionsrisiko angepassten Maßnahmen wie z. B. schonende Bodenbearbeitung zur Erhaltung der schützenden Bodenbedeckung erfolgreich entsprochen und Bodenschutz betrieben werden, wie in den Ausführungen dargestellt wird. Hilfe und Unterstützung bei der nachhaltigen Vorsorge ist die Beratung. Die landwirtschaftlichen Beratungsstellen sind laut § 17 BBodSchG beauftragt, den Landwirten die entsprechenden Grundsätze der guten

fachlichen Praxis zu vermitteln und ihnen die Risiken einer unangepassten Landnutzung für den Boden und seine Funktionen sowie für die Umwelt deutlich zu machen. Entsprechend können dann Empfehlungen zu Vorsorgemaßnahmen durch gute fachliche Praxis gegeben werden. In Einzelfällen treten aber doch immer wieder Schäden nach einzelnen Wasser- oder Winderosionsereignissen auf. Dann muss im Bereich der Gefahrenabwehr (§ 4) eine Einzelfallprüfung erfolgen.

Die Grundsätze einer guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft werden im BBodSchG vorgegeben.

Dort ist formuliert:

§ 17

Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft

- (1) Bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird die Vorsorgepflicht nach § 7 durch die gute fachliche Praxis erfüllt. Die nach Landesrecht zuständigen landwirtschaftlichen Beratungsstellen sollen bei ihrer Beratungstätigkeit die Grundsätze der guten fachlichen Praxis nach Absatz 2 vermitteln.
- (2) Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung sind die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürlicher Ressource. Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört insbesondere, dass....
4. Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung, möglichst vermieden werden.

Die Formulierungen gehen auf die Grundsätze einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung der Agrarminister der Länder vom 1. Oktober 1993 in Daun zurück.

1999 wurden die Grundsätze in der Broschüre „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“ präzisiert (Bundesanzeiger Nr. 220a vom 21.11.1998)

Ausführliches Material zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtung und Bodenerosion liegt als Bund-Länder-Papier mit dem Titel „Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion“ (BMVEL, 2001) vor.

Die nachfolgend vermittelten Grundlagen der Bodenerosion gelten sowohl im Bereich der Vorsorge (§ 17 des BBodSchG) als auch der Gefahrenabwehr (§ 4 des BBodSchG). Das erscheint aus dem Grunde wichtig, da Gefahrenabwehr und Vorsorge auf dem Gebiet des Schutzes vor Bodenerosion miteinander eng verzahnt sein müssen und die Maßnahmen sich nicht grundsätzlich unterscheiden.

1.3 Beratung zum vorsorgenden Bodenschutz in Brandenburg

Die nach Landesrecht zuständige landwirtschaftliche Beratungsstelle im Land Brandenburg ist das Landesamt für Ernährung und Landwirtschaft (LELF).

Alle Möglichkeiten werden genutzt, um ohne einer Officialberatung der Verpflichtung nachzukommen. So werden Konsultationsbetriebe eingerichtet, die von der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Güterfelde und dem Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg zu Fragen des Bodenschutzes unterstützt werden. Daneben erfolgen Weiterbildungsveranstaltungen über die Brandenburgische Landwirtschaftsakademie (BLAk) zur Vorsorge gegen Bodenerosion und Bodenschadverdichtung.

Folgende Materialien stehen den Beratern zur Verfügung:

- Merkblätter Bodenerosion in Brandenburg (1997a)
- Bodenschutz im Land Brandenburg (2001)
- Bodenschadverdichtung im Land Brandenburg (in Vorbereitung, 2001)

Ab 2002 wird das hier vorliegende Material vom Landesamt für Ernährung und Landwirtschaft Frankfurt (Oder) (LELF) ins Internet gestellt und dort kostenlos abrufbar sein.

Die Bund/Länder- Arbeitsgemeinschaft Boden (LABO), die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) sowie die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) haben in den vergangenen Jahren wertvolle Materialien als Entscheidungshilfen zum Boden- und Gewässerschutz erarbeitet.

Eine ständige Arbeitsgruppe von Bodenspezialisten der Länder, angegliedert an die Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), arbeitet intensiv an Umsetzungsempfehlungen des § 17 des BBodSchG und stimmt diese ab.

1.4 Zusammenfassender Ausblick

- Bodenerosion ist regionsspezifisch zu bewerten und dem Risiko durch Vorsorge zu begegnen. Grundlage aller Entscheidungen zum praktischen Bodenschutz vor Erosion ist eine möglichst genaue Bewertung der tatsächlichen Risiken. Für Brandenburg liegt diese Bewertung vor.
- Schutz vor Bodenerosion besteht überwiegend aus einem Komplex von Vorsorgemaßnahmen. Maßnahmen zur Gefahrenabwehr werden nur in wenigen Fällen angeordnet werden müssen, sie unterscheiden sich kaum von denen der Vorsorge. Dazu erfolgt eine Einzelfallprüfung.
- Eine qualifizierte Beratung der Landnutzer sowie der mit dem Vollzug des Bodenschutzes betrauten Einrichtungen ist unerlässlich. Das trifft besonders für den vorsorgenden Bodenschutz zu. Dazu werden speziell auf dem Gebiet des Boden- und Umweltschutzes ausgebildete Berater benötigt, die einen wesentlichen Beitrag zur Akzeptanzerhöhung leisten werden. Die Wissenschaft ist verpflichtet, entsprechend aufbereitetes Material bereitzustellen.

2 BODENEROSION IM LAND BRANDENBURG – BEDEUTUNG UND RISIKEN

Erosionsvorgänge haben die Landschaft im Norden und Osten Deutschlands in den Schmelzphasen der Eiszeit grundlegend geprägt und bis zum heutigen Tag weiter geformt. Da das Klima seit dem Mittelalter gemäßigter geworden ist, wird diese Form der Erosion großflächig nicht mehr wirksam.

Als der Mensch vor ca. 250 Jahren mit intensiverem Ackerbau begann und dafür Waldflächen rodete, war eine erhebliche Zunahme der Erosion festzustellen. Heute sind im Ergebnis dieser ständigen Bodenverlagerung auf Ackerflächen "geköpfte" Abtragsprofile und mächtige Auftragsprofile (Kolluvien¹) vorhanden.

Bodenerosion durch Wasser und Wind findet auch heute statt. Je weniger die Bodenoberfläche durch Pflanzen oder Pflanzenrückstände aller Art bedeckt ist, um so größer ist die Gefahr. Das trifft natürlich nur für Flächen zu, deren Böden anfällig für den Transport sind.

Nachfolgend wird in kurzer und übersichtlicher Form über die Faktoren informiert, die zu Wasser- oder Winderosion führen können.

2.1 Was ist Bodenerosion



Abb. 9: Bodenerosion durch Wasser

¹ stärkster Auftrag am Hangfuß: der ursprüngliche Boden wird durch transportierten Boden vom Hang überlagert

Unter Bodenerosion versteht man die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser (Abb. 9) oder Wind (Abb. 10) als Transportmittel. Bei diesem Vorgang können Bereiche mit vorwiegendem Abtrag und Bereiche mit vorwiegendem Auftrag ausgegrenzt werden. Vielfach wird der Austrag aus der eigentlichen Erosionsfläche in ein Erosionssystem eingeschlossen, wenn ein unmittelbarer Zusammenhang festzustellen ist. Folgen der Bodenerosion können auch weiter entfernt auftreten.



Abb. 10: Bodenerosion durch Wind

2.2 Verlauf der Wassererosion

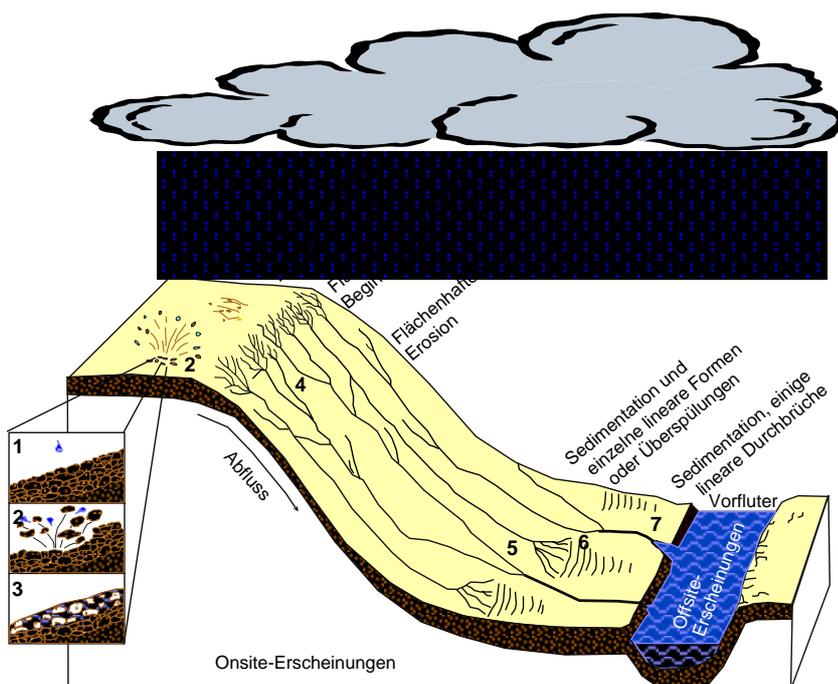
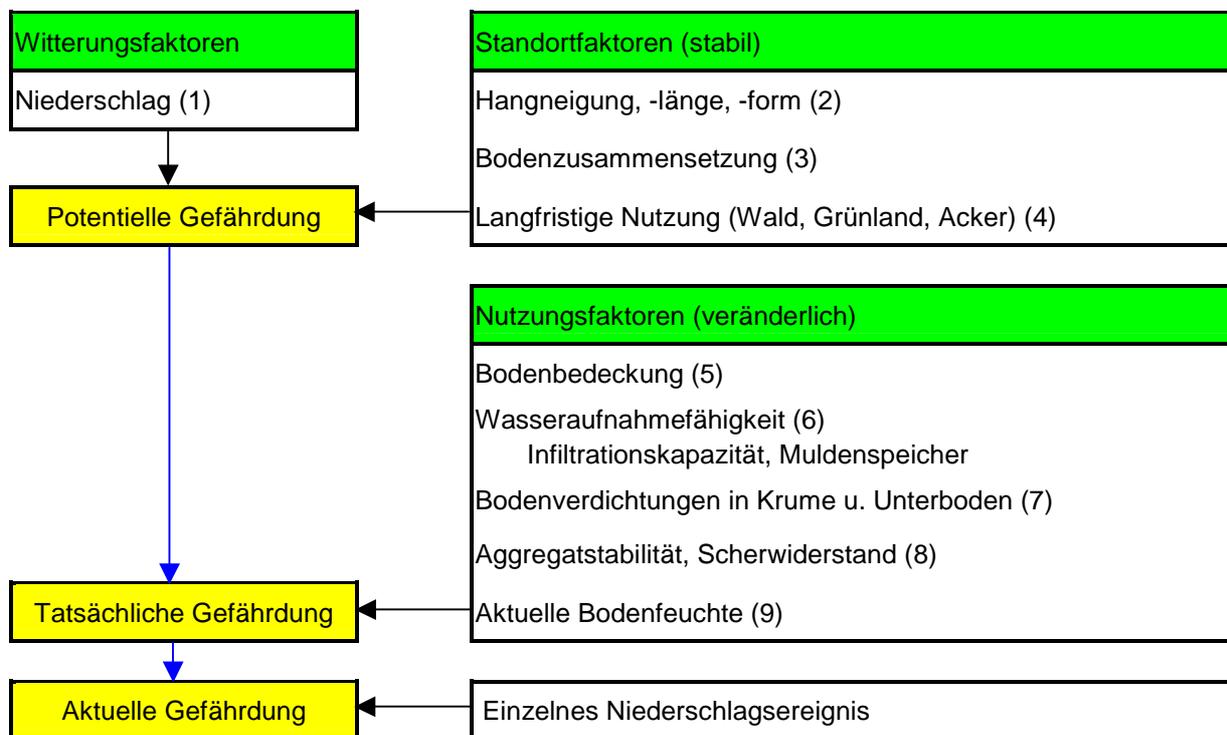


Abb. 11: Verlauf der Wassererosion

Regentropfen fallen mit hoher Energie auf die Bodenoberfläche (1) und zerstören Aggregate oder lösen Bodenteilchen ab und schleudern sie hoch (2). Frisch bearbeiteter Boden mit feiner Aggregation verschlämmt durch diesen Vorgang sehr leicht (3). Das Niederschlagswasser kann danach nicht schnell genug in den Boden eindringen, weil keine großen nach oben offenen Poren mehr vorhan-

den sind. Dadurch sammelt sich Wasser auf der Bodenoberfläche und läuft den Hang hinab. Die obere Bodenschicht wird immer instabiler bei Fortdauern des Regens und die losgelösten Teilchen werden mitgenommen. Da die Bodenoberfläche vor jedem Niederschlag oft bereits hangabwärts gerichtete Bewirtschaftungsmuster wie Fahrspuren oder Saatrillen aufweist, konzentriert sich das Wasser darin, es entstehen Rillen, Rinnen (4) und schließlich oftmals Gräben (5), die sich mit zunehmender Regendauer oder Regenstärke vergrößern. Beim nächsten Niederschlag ist die Bodenoberfläche bereits verdichtet und die Abflusslinien sind ausgeprägt, so dass sich der Transportbeginn beschleunigt. Nimmt die Hangneigung hangabwärts ab und wechselt zum konkaven Unterhang, verlangsamt sich die Fließgeschwindigkeit und die Ablagerung beginnt (6). Zuerst sedimentieren die groben Teilchen. Liegt der Hang unmittelbar an einem Gewässer, ist oft ein direkter Austrag von Sediment aus der Fläche und Eintrag in das Gewässer zu beobachten (7).

2.3 Faktoren, die die Wassererosion hervorrufen und beeinflussen



Niederschlag [1]

Auslöser der Wassererosion sind starke oder langanhaltende Niederschläge, die eine bestimmte Intensität und eine bestimmte Höhe überschreiten. Die erosive Wirkung des Regens kann als Regenfaktor (R) ausgedrückt werden. Je größer dieser Wert ist, um so mehr und / oder stärkere Niederschläge wirken im Jahr mit hoher Wahrscheinlichkeit erosionsauslösend. Die höchste Erosivität der einzelnen Niederschläge liegt in Deutschland im Zeitraum Mai bis September, wenngleich der Bodenabtrag in dieser Zeit von dem Grad der Bodenbedeckung durch die Pflanzenbestände bestimmt wird. Im Winter existieren Risiken vorrangig bei langanhaltenden Niederschlägen auf gesättigten oder gefrorenen, unbedeckten Böden sowie bei plötzlicher Schneeschmelze. In dieser Zeit ist die Gefahr von Sedimentverlagerungen in Gewässer besonders hoch.

Topographische Faktoren [2]

Die Hangneigung gehört zu den erosionsauslösenden Faktoren, die Hanglänge hat erheblichen Einfluß auf die Stärke von Abfluß und Bodentransport. Hangneigung, -länge und -form wechseln häufig. Zunehmende Hanglänge und -neigung fördern den Bodenabtrag ebenso wie Dellen, Mulden und Hohlformen in den Hängen, die zu einer Sammlung von Oberflächenwasser führen.



Abb. 12: Mulde in hängigem Gelände

Bodenzusammensetzung [3]

Die Korngrößenzusammensetzung eines Bodens entscheidet vorrangig über die Verlagerungsgefährdung. Strukturstabilität und Wasseraufnahmefähigkeit werden weitgehend durch die Textur des Bodens und den Humusgehalt bestimmt. Jede Bodenart wird durch eine bestimmte Korngrößenzusammensetzung geprägt. Ein Boden ist um so anfälliger, je höher sein Anteil an Feinsand und Schluff ist. Steigender Anteil an Ton über 20 % erhöht die Kohäsion und Stabilität gegenüber Niederschlägen, so dass es meist nur noch zu Oberflächenabfluss ohne Sedimenttransport kommt.

Langfristige Nutzung [4]

Zwischen langfristiger Wald-, Grünland- oder Ackernutzung treten große Unterschiede in der Erosionsgefährdung auf. Ein dichter Baumbestand verhindert, dass Niederschläge ungebremst den Boden erreichen. Eine dichte Grünlandnarbe schützt ebenfalls die Bodenoberfläche vor dem Aufprall der Regentropfen. Ackerland ist hingegen je nach Bewirtschaftung längere Zeit im Jahr nicht ausreichend bedeckt und daher zeitweise stark gefährdet.



Abb. 13: Wald-, Gras- und Ackernutzung

Bodenbedeckung [5]

Die gleichmäßige Bodenbedeckung durch Feldfrüchte oder deren Rückstände ist ausschlaggebend für die tatsächliche Gefährdung potentieller Risikoflächen. Vergleicht man einzelne Fruchtarten miteinander, wird deutlich, wie groß die Unterschiede sein können (Abb. 14).



Winterweizen

Mais

Zuckerrüben

Abb. 14: Bodenbedeckung verschiedener Fruchtarten im Mai

Auch die Zeitspannen, in denen die einzelnen Fruchtarten im Laufe eines Jahres die Bodenoberfläche bedecken, variieren stark (Abb. 15).

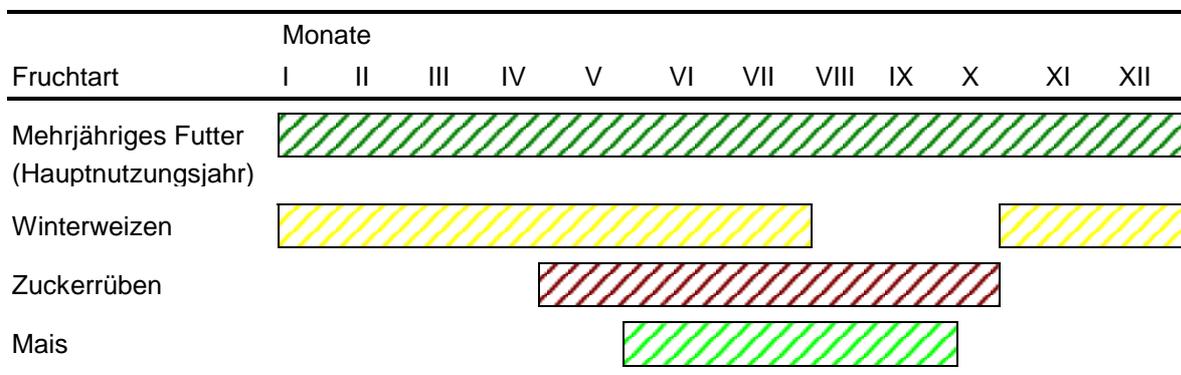


Abb. 15: Zeitspannen der Bodenbedeckung durch einzelne Fruchtarten im Jahresverlauf

Wasseraufnahmefähigkeit [6]

Je höher die Oberflächenrauigkeit ist, um so mehr Wasser kann in den kleinen Mulden gespeichert und um so länger kann der Abfluss verzögert werden. Daher ist eine frisch gepflügte, schollige Oberfläche weniger gefährdet als ein feines Saatbett vor oder nach der Aussaat (Abb. 16).

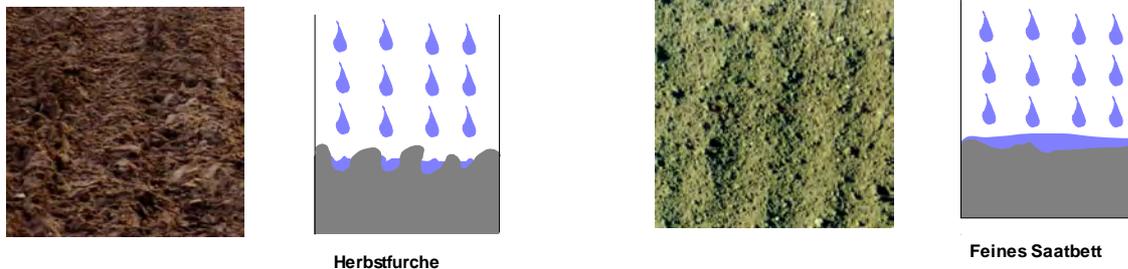


Abb. 16: Vergleich eines gepflügten Bodens mit einem feinen Saatbett

Für die „Regenverdaulichkeit“ (Infiltration), d.h. die schnelle Aufnahme und Abführung von Niederschlägen in tiefere Bodenschichten, sind die schnell dränenden Poren (ehemalige Wurzelgänge, Regenwurmgänge) und die durch die Bodenstruktur bestimmte Durchgängigkeit der Mittelporen von der Bodenoberfläche bis in untere Bodenschichten verantwortlich.

Bei Bodenstrukturschäden wie Verdichtungen kann diese Kapazität erheblich vermindert sein und nicht mehr ausreichen (Abb. 17).

Bodenverdichtungen [7]

Die tatsächliche Erosionsgefährdung steigt auch, wenn hangabwärts verdichtete Areale wie z.B. Fahrspuren oder das Vorgewende vorhanden sind.

Bis zur folgenden Bodenbearbeitung kann sich Niederschlagswasser dort rasch sammeln, das wegen der Dichtlagerung nicht in den Boden eindringt. Das gesammelte Wasser entwickelt hangabwärts eine zunehmende Geschwindigkeit und kann zu großen Schäden führen. Vielfach sind Fahrspuren der Beginn von Erosionsgräben.



Abb. 17: Erosion in Fahrspuren und stehendes Wasser als Folge von Verdichtungen

Aggregatstabilität, Scherwiderstand [8]

Böden mit erhöhter Wassererosionsgefährdung zeichnen sich in der Regel durch eine geringe Aggregatstabilität und einen geringen Scherwiderstand aus. Verstärkend wirken dabei der geringe Humusgehalt und die verminderte mikrobiologische Aktivität. Die Transportrate ist entsprechend hoch und damit die Bodenverlagerung.

Aktuelle Bodenfeuchte [9]

Der Einfluss der aktuellen Bodenfeuchte wird besonders im Winter deutlich. Die Poren sind wassergefüllt, die Aufnahmekapazität ist weitgehend erschöpft. Aus dem hohen Wassergehalt resultiert ein verringerter Scherwiderstand. Häufig wirken langanhaltende Winterniederschläge deswegen erosiv, weil sie auf gesättigten Boden fallen, bei dem das Bodengefüge besonders instabil ist.

2.4 Orientierungswerte für ein beginnendes Wassererosionsrisiko

Für den Beginn der Wassererosion können einige Orientierungswerte angenommen werden. Diese geben lediglich einen Hinweis, von wann ab diesem Problem erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken ist:

Niederschlag	> 7,5 mm Menge oder > 5 mm je Stunde Intensität
Bodenanfälligkeit	bevorzugt sandige Lehme und lehmige Sande sowie Schluffe
Hanglängen	> 50 m*
Hangneigung	> 4 % *
Bodenbedeckung	< 30 %

*Dennoch kann bereits bei geringerer Hanglänge und -neigung Wassererosion auftreten.

2.5 Verlauf der Winderosion

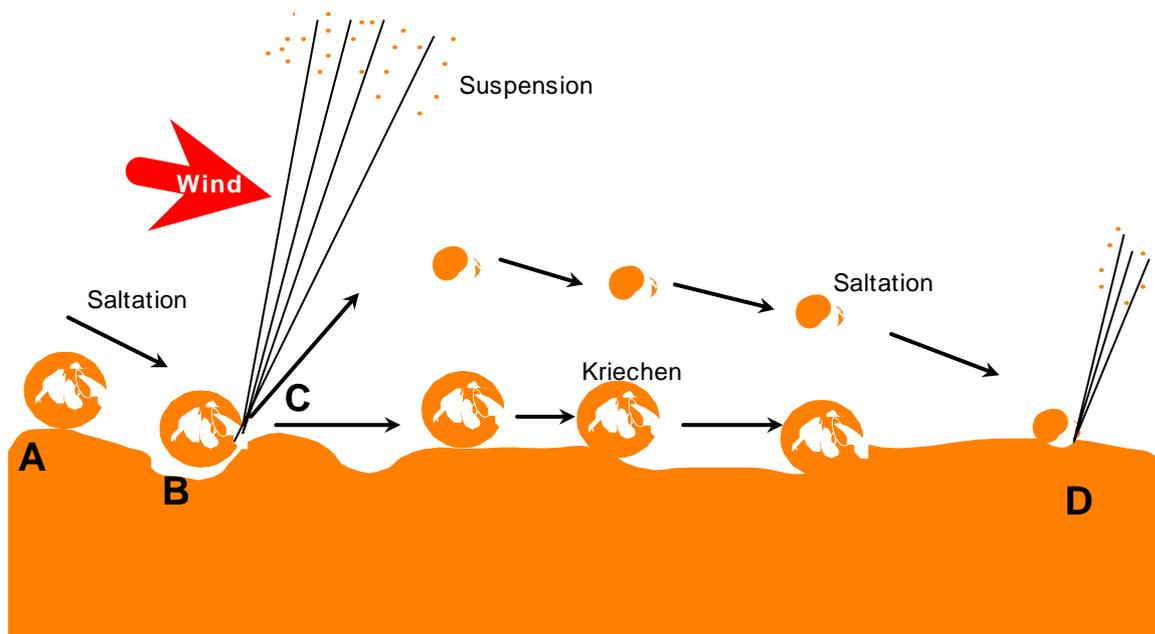
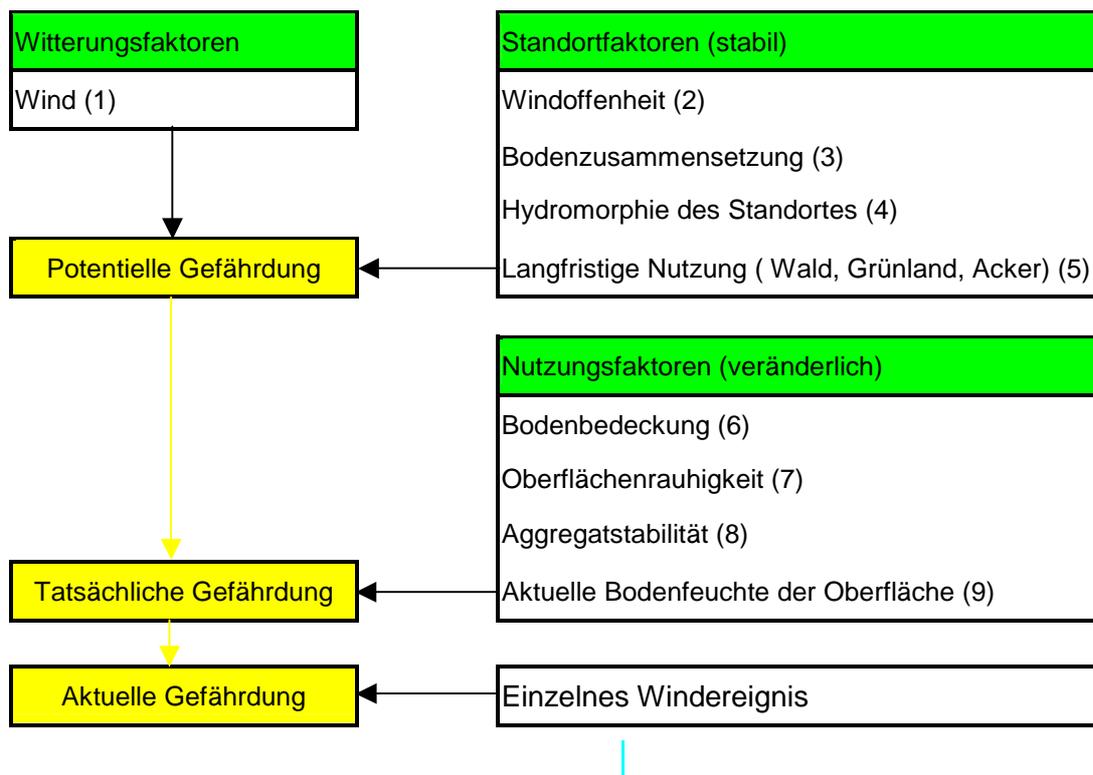


Abb. 18: Verlauf der Winderosion

Wind überströmt mit einer erhöhten Geschwindigkeit die Bodenoberfläche und setzt durch Druck- und Hubkräfte Teilchen in Bewegung (A) (Abb. 18). In Abhängigkeit von ihrer Größe werden die Teilchen an der Bodenoberfläche bewegt oder treffen auf

andere Teilchen auf. Abrasion¹ zerstört die Bodenoberfläche (B). Kleinere Teilchen werden in die Luft geschleudert. Der bodennahe Transport ist in der Regel vor dem nächsten Hindernis beendet, es erfolgt eine sortierende Zwischenablagerung und Dünenbildung (C). Kleinere Teilchen werden weiter transportiert, auch die Dünen können weiter wandern. Später werden weitere Teilchen abgelagert (D). Die in Suspensionsform² in höheren Luftschichten transportierte Fracht wird meistens aus den erodierten Flächen ausgetragen und erst weit entfernt in der Landschaft akkumuliert.

2.6 Faktoren, die die Winderosion hervorrufen und beeinflussen



¹ Abkratzung

² Schwebezustand

Was muss man zu den einzelnen Faktoren wissen?

Wind [1]

Auslöser von winderosionsbedingten Bodenverlagerungen können Winde mit einer Geschwindigkeit $> 6 \dots 8$ m je Sekunde (in 10 m Höhe gemessen) bei trockener Witterungslage sein. Der flächenhafte Abtrag von Boden wird vor allem durch Windstärke und -turbulenzen bewirkt. Die Verwirbelung in der bodennahen Luftschicht führt auch bereits in kleinen Böen zu beträchtlichen Windgeschwindigkeiten. Der Zeitraum starker Winderosivität liegt im Winter bei anhaltender Ostwetterlage, wenn kein Schnee auf der brachen Bodenoberfläche liegt, sowie im Frühjahr. Hohe Winderosionsgefährdung besteht besonders in den Gebieten, in denen neben häufig hohen Windgeschwindigkeiten auch eine negative klimatische Wasserbilanz (= Niederschlagsdefizit bei hoher Verdunstungsrate) vorherrscht.

Die jährliche mittlere Windgeschwindigkeit nimmt von der Küste im Norden in Richtung Süden ab (Abb. 19), ist also in Brandenburg nicht sehr hoch.

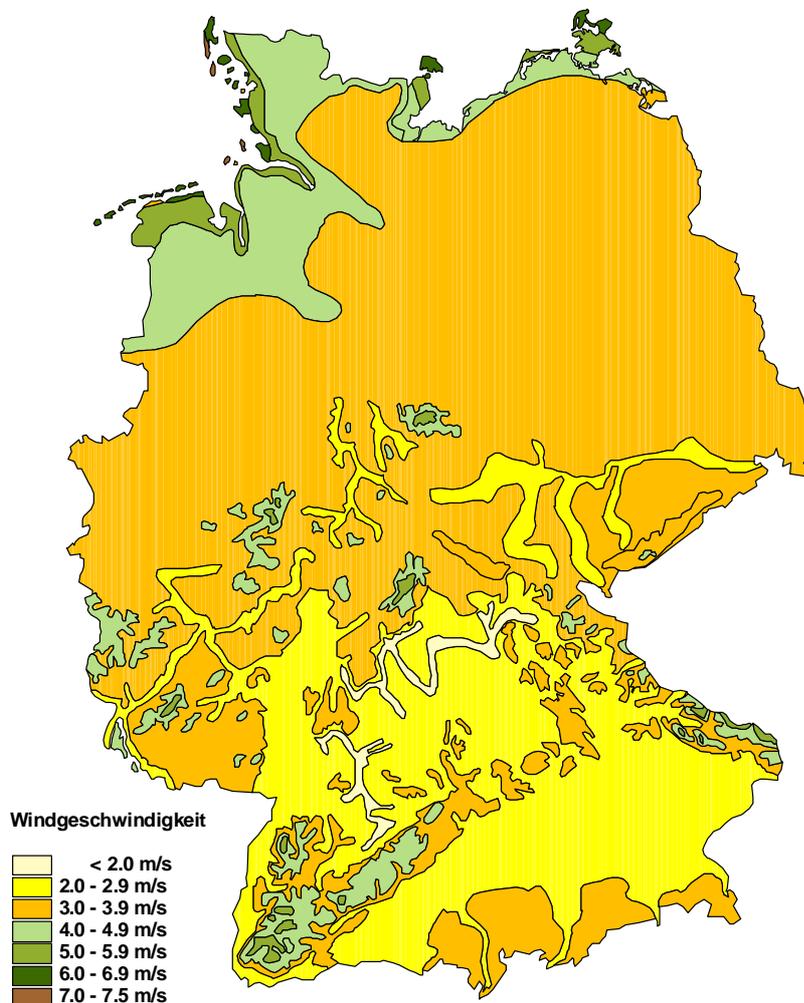


Abb.19: Jährliche mittlere Windgeschwindigkeit in Deutschland

Für die Einschätzung der Gefährdung sind allerdings die Maximalwerte ausschlaggebend und weniger die mittleren Windgeschwindigkeiten. Diese übersteigen mehrmals die Auslöseschwelle für den Transportbeginn.

Windoffenheit [2]

Seit Entwicklung der ackerbaulichen Nutzung ist eine geringere Landschaftsstrukturierung und damit eine größere Windoffenheit in vielen Ackerbaugebieten vorhanden.



Abb. 20: Windoffene Landschaft
(Grundlage Color-Infrarot-Luftbild)



Abb. 21: Strukturierte Landschaft

Während in einer kleinstrukturierten Landschaft das Windfeld insgesamt angehoben wird, so dass die bodennahen Bereiche weniger beeinflusst werden, erfolgt das bei großer Windoffenheit nicht.

Bodenzusammensetzung [3]

Besonders verwehungsgefährdet sind sandige Bodenarten mit einem hohen Anteil von Mittel- und Feinsand sowie einem geringen Grobskelettanteil in der Korngrößenzusammensetzung. Bevorzugt werden fluvial¹ transportierte und damit sortierte Talsande, wie sie in den Einzugsbereichen der größeren Flüsse und den großen Niederungsgebieten vorkommen, verlagert. Anfällig sind ackerbaulich genutzte degradierte Niedermoore, deren Humusbestandteile bereits mineralisiert und damit in einen labilen Zustand übergegangen sind. Diese Veränderung ist in der Regel irreversibel und die eingeleitete Vermüllung führt zu einer sehr starken Winderosionsgefährdung.

Hydromorphie des Standortes [4]

Böden, die eine sehr geringe Wasserhaltefähigkeit besitzen, trocknen in wenigen Stunden stark aus und sind demzufolge sehr verwehungsgefährdet. Dazu gehören vorrangig die ehemals grundwasserbeeinflussten Sande in den Talsandbereichen und Niederungen, bei denen durch vertiefte Entwässerung die kapillare Verbindung zum Grundwasser unterbrochen wurde. Weiterhin gehören leichte grundwasserferne Sande und übernutzte entwässerte Niedermoore zu den besonders gefährdeten Standorten, deren Wasserhaushalt ebenfalls stark verändert ist oder die sickerverfestigt sind.

¹ durch Wasser transportiert

Langfristige Nutzung [5]

Ähnlich wie bei der Wassererosion findet in Waldgebieten und in Grünlandgebieten kaum Winderosion statt. Bei ackerbaulicher Nutzung ist die potentielle Gefährdung auf vielen Standorten stets vorhanden, wenn der Boden nicht mit Vegetation bedeckt ist (Abb. 22).



Abb. 22: Winderosion auf einem unbedeckten Acker

Bodenbedeckung [6]



Die tatsächliche Winderosionsgefährdung bei potentielltem Risiko wird von der Bodenbedeckung durch Pflanzen oder Pflanzenrückstände bestimmt. Die Wirkung beginnt bereits bei mehr als 25 - 30 % Bedeckung. Dadurch sind die Zeiten bei den einzelnen Fruchtarten, in denen eine erhöhte Gefährdung vorliegt, auf die Winter- und Frühjahrsmonate begrenzt. Besonders anfällig sind alle Sommerkulturen wegen der langen Brachezeiten davor.

Abb. 23: 30 % Bodenbedeckung

Oberflächenrauigkeit [7]

Eine raue Oberfläche ist gegenüber dem Wind stabiler als eine glatte. Durch die Rauigkeit werden die bodennahe Windgeschwindigkeit und Schubkraft verringert und damit die Aufnahmefähigkeit des Windes für Bodenpartikel begrenzt. Ein weiterer erosionsmindernder Effekt der Rauigkeit besteht im Einfangen und Ablagern bereits in Bewegung befindlicher Partikel im leeseitigen Windschatten der Bodenwellen (z. B. zwischen Kartoffelfurchen).

Aggregatstabilität [8]

Da vom Wind in der Regel nur Partikel oder Aggregate mit einem Durchmesser kleiner als 0,6 mm fortbewegt werden können, ist die Stabilität von größeren Aggregaten an der Oberfläche besonders wirksam. Dies betrifft sowohl die Stabilität gegenüber dem Loslösen als auch dem Transport durch Wind, der ähnlich wie ein Sandstrahlgebläse die Aggregate belasten kann. Im allgemeinen steigt die Aggregatstabilität mit zunehmendem Tonanteil. Auch die organische Bodensubstanz trägt zu einer Vergrößerung und Stabilisierung der Aggregate bei.

Aktuelle Bodenfeuchte der Oberfläche [9]

Für den Beginn einer Bodenverwehung ist ausschlaggebend, wie feucht die Bodenoberfläche ist. Die besonders gefährdeten Böden trocknen binnen kürzester Zeit an der Oberfläche aus. Damit wird bereits wenige Stunden nach einem Niederschlag wiederum eine hohe Winderosionsdisposition registriert.

2.7 Orientierungswerte für ein beginnendes Winderosionsrisiko

Für den Beginn der Winderosion können einige Orientierungswerte angenommen werden. Diese geben lediglich einen Hinweis, von wann ab diesem Problem erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken ist:

Windgeschwindigkeit	> 8 m·s ⁻¹ , gemessen in 10 m Höhe (entspr. 5 bis 6 m an der Bodenoberfläche)
Bodenanfälligkeit	bevorzugt Feinstsand und Anmoor, trocken
Windoffenheit in der Landschaft	< 5 km Flurelemente je km ² in waldarmen Regionen
Bodenbedeckung	< 25 %

2.8 Schäden infolge der Bodenerosion

2.8.1 Flächeninterne Schäden (OnsiteSchäden)

Als flächeninterne Schäden werden erosionsbedingte Schäden bezeichnet, die auf den Flächen entstehen, auf denen die Bodenverlagerungsprozesse ablaufen.

Durch die Bodenverlagerungsprozesse kommt es zu:

- Bodenabtrag am Hang und kolluvialer Sedimentation am Hangfuß, oft verbunden mit der direkten Schädigung der Feldfrucht
- Bodenabtrag dort, wo der Wind angreift und Ablagerung am nächsten Hindernis

das bedeutet:

- eine Verkürzung der Bodenprofile und eine Zunahme der Bodenheterogenität
- die Verarmung an Humus und Feinbodenteilchen und die Akkumulation von „Schadstoffen“ im Sedimentationsbereich

Die Folgen nach Bodenerosionsereignissen können sein:

Sichtbare Schäden

- Verletzung, Entwurzelung und Vernichtung von Kulturpflanzen (Abb. 24)
- erschwertes Befahren der Äcker durch tiefe Erosionsrinnen oder Dünen, Überdeckung von Pflanzen (Abb. 25)
- Wegspülen und Wegblasen von Saatgut, Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln vom Ausbringungsort
- Verschmutzung von angrenzenden Straßen, Wegen, Gräben (Abb. 26)



Abb. 24: Vernichtung von Maispflanzen infolge von Wassererosion

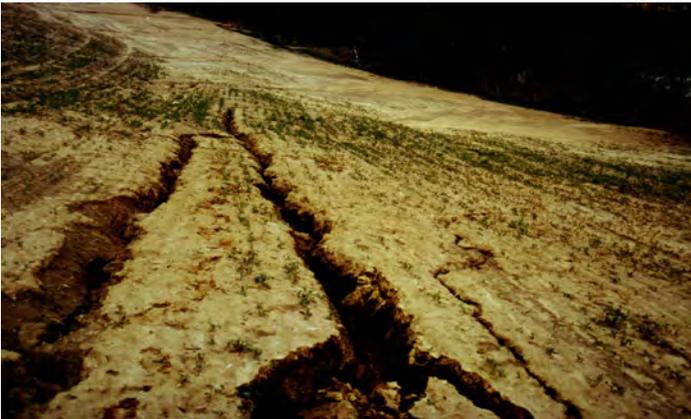


Abb. 25: Durch Wassererosion entstandener Graben



Abb. 26: Verschmutzter Graben und Straße infolge von Wassererosion

Nicht sichtbare Schäden

- Verlust an durchwurzelbarer Bodensubstanz und damit vermindertes Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen
- Reduzierung der ökologischen Funktionsfähigkeit geschädigter Bereiche
- Verarmung des Bodens an Humus und Pflanzennährstoffen
- Minderung der Erträge und der Ertragsfähigkeit
- Zunahme der Flächenheterogenität
- Konzentration von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln im Ablagerungsbereich

Tab. 1: Bodenabträge infolge Wassererosion in den Sommerhalbjahren 1982-1990 auf Testflächen von 50 bis 2500 m² Größe in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern (FRIELINGHAUS IN RICHTER, 1998)

Standort Boden/Meßlänge	Hangneigung %	Meßzeitraum	Anzahl Niederschläge	Fruchtart	Bodenabtrag t/ha
Luvic Arenosols (M) Plotlänge 50 m	9 bis 10	V bis IX 82	4	Kartoffeln	18
		V bis IX 83	3	Silomais	4
		VI bis IX 84	6	Kartoffeln	7
		V bis IX 85	6	Silomais	6
		V bis IX 86	6	Kartoffeln	16
		V bis IX 87	18	Silomais	32
		V bis IX 88	5	Kartoffeln	10
		V bis IX 89	6	Silomais	42
		VI bis IX 90	5	Silomais	18
		V bis IX 91	6	Silomais	11
		VI bis VIII 92	6	Mais	2
		VI bis VIII 93	3	Mais	6
		VI bis VIII 94	6	Mais	1
VI bis VIII 95	6	Mais	3		
Orthic Luvisols (D) Plotlänge 20 m	11 bis 14	IV bis IX 83	4	Mais	<1
		V bis IX 84	10	Mais	2
		IV bis IX 85	5	Mais	<1
		IV bis X 86	4	Brache*	1
		V bis X 87	8	Brache	23
				Silomais	9
		IV bis IX 92	2	Silomais	<1
		IV bis IX 93	10	Brache	5
				Winterroggen	<1
		IV bis IX 94	5	Brache	15
				Winterroggen	<1
Albic Luvisols (M) Plotlänge 30 m		IV bis X 92	4	Brache	<1 bis 2
		IV bis X 93	7	Brache	<1 bis 2
		IV bis X 94	19	Brache	14 bis 72
		IV bis X 95	12	Brache	<1 bis 5
Calvic Luvisols (B) Hanglänge 250 m Hanglänge 200 m	5 bis 6	IV 84	1	Zuckerrüben	170
	9 bis 12	VI bis VIII 86	3	Kartoffeln	12
		VI bis VIII 87	6	Zuckerrüben	90

* Brache immer saattetbereite Schwarzbrache

M = Müncheberg

D = Dedelow

B = Bruch

Die Bodenabträge schwanken zwischen 0,2 bis 170 t.ha⁻¹.a⁻¹. Die höchsten Werte wurden bei Silomais, Zuckerrüben, Kartoffeln und Sommergetreide, bei Fruchtarten, die den Boden nur unzureichend bedecken, gemessen. Mit einer Tonne Boden wurden im Durchschnitt 3,1 kg Kohlenstoff, 0,3 kg Stickstoff sowie 0,3 kg Phosphor verlagert. Teilweise lagen auch höhere Konzentrationen vor. Es wurden ebenfalls Spuren von Pflanzenschutzmittelbestandteilen gefunden.

2.8.2 Flächenexterne Schäden (OffsiteSchäden)

Als flächenexterne Schäden werden erosionsbedingte Stoffausträge aus den "Quellflächen" der Erosion bezeichnet, die als Einträge in benachbarte Biotope, Vorfluter oder andere Systeme festgestellt werden. In diesen können Verschiebungen im jeweiligen Stoffhaushalt und Eutrophierungen auftreten.

Bei jedem Erosionsprozeß werden die groben Bodenteilchen und Sedimente innerhalb der eigentlichen Erosionsflächen verlagert, während die feinen Bodenteilchen als Suspension im abfließenden Wasser in den nächsten Vorfluter oder die Atmosphäre gelangen (Abb. 27). Besonders betroffen sind innerhalb der Fläche gelegene Sölle oder Binnenseen (Abb. 28). An den feinen Bodenteilchen sind vorwiegend

Nährstoffe und teilweise auch Reste von Schadstoffen (z. B. Pflanzenschutzmittel) adsorbiert¹.



Abb. 27: Eintrag von Wasser und Sediment in den Vorfluter



Abb. 28: Eintrag von Wasser und Sediment in ein Soll

Die Folgen sind:

- **Stickstoffeinträge** verursachen eine Zunahme des Biomassewachstums im Gewässer.
- **Phosphoreinträge** beeinträchtigen die Wasserqualität erheblich und führen zu einer Eutrophierung der Gewässer, deren Sanierung ein langfristiger Prozeß ist.
- **Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln**, die an dem transportierten Sediment gebunden sind und für die beeinträchtigten Biotope schädlich wirken können, da in der Regel ein Schub die Gleichgewichte durcheinander bringt.

Es wird seit Jahren in verschiedenen Regionen Brandenburgs gemessen, wieviel Boden bei einem Wasser- oder Winderosionsereignis verlagert werden kann. Sehr geringe Mengen können selten nachgewiesen werden. Sie werden als „schleichende“ Bodenerosion bezeichnet.

1984 wurden an hängigen Schlägen an der Ucker bei Prenzlau Bodenverlagerungen bis 170t je ha nach einem Niederschlagsereignis im April gemessen. Allerdings kommt ein so starkes Ereignis sehr selten vor. Immerhin entspricht ein solches „Großereignis“ einer „Häutung“ der Bodenoberfläche von ca. 10 mm Schichtstärke. Meist sind solche Großereignisse sehr spektakulär, weil dadurch stets Gewässer, Straßen oder Keller belastet werden.

Diese „Großereignisse“ sind nicht sehr häufig und erfordern in der Regel Sondermaßnahmen, die als Gefahrenabwehr erfolgen müssen.

Viel häufiger ist die oben genannte „schleichende“ Bodenerosion, die nach und nach aber auch zu erheblichen Bodenab- und –aufträgen führen kann.

Neben den Schäden auf den Flächen selbst, kommt es andererseits zu Belastungen von benachbarten Systemen. Binnengewässer (Abb. 29 u. 30) oder Feuchtbiotope

¹ Anreicherung eines Stoffes an der Oberfläche

mit hohem Naturschutzwert werden unmittelbar durch Schadstoffschübe infolge starker Niederschläge im Sommer oder langanhaltender Winterniederschläge gefährdet, wenn sie in erosionsgefährdeten Landschaften liegen.



Abb. 29: Durch Wassererosion beeinflusstes Soll



Abb. 30: Durch Winderosion beeinflusster Vorfluter

Die flächenexternen Folgen wurden im Falle der Wassererosion besonders hinsichtlich der Gewässereutrophierung bewertet. Schätzungen zu den diffusen Stickstoff- und Phosphoreinträgen in Nord- und Ostsee (WERNER UND WODSAK, 1994) führten 38 % der Phosphoreinträge auf den erosionsbedingten Bodenabtrag und 12 % auf den Oberflächenabfluss zurück. Im Falle der diffusen Stickstoffeinträge wurden 5 % mit dem Bodenabtrag durch Wassererosion und 3 % mit dem Oberflächenabfluss begründet.

Im Falle der Winderosionsschäden ist eine Schätzung der Atmosphärenbelastung oder der Einträge in weiter entfernte Ökotope noch nicht möglich. Durch Wind verlagerte Schadstoffe sind aber in entfernten Akkumulationsbereichen nachgewiesen worden (STEINER, 1996).

Wassererosion und Winderosion müssen regional beurteilt werden, da es sonst zu einer Über- oder Unterschätzung der tatsächlichen Risiken und Folgen der Landnutzung auf gefährdeten Flächen kommen kann.

In der Vergangenheit hat die zu geringe Beachtung der regionalen Standortbesonderheiten oft dazu geführt, dass Schutzkonzepte vielfach nicht akzeptiert wurden, weil sie nicht den tatsächlichen Risiken entsprechen.

Ein Restrisiko bleibt bei jeder agrarischen Nutzung in erosionsgefährdeten Gebieten bestehen. Es kann aber bei standortangepasster und auf die Vorsorge gerichteter guter fachlicher Praxis der Landnutzung sehr gering gehalten werden.

Lokal können allerdings schädliche Bodenveränderungen festgestellt werden, die vielfach darauf zurückzuführen sind, dass die Anforderungen der guten fachlichen Praxis nicht eingehalten wurden.

Darüber hinaus können zusätzliche Maßnahmen notwendig werden, wenn ein über das übliche Maß der guten fachlichen Praxis hinausgehendes Schutzbedürfnis vorliegt.

3 BEWERTUNG DER BODENEROSIONSRSIKEN IN BRANDENBURG

Um die Risiken der Bodenerosion erkennen und langfristig vorsorgende Schutzmaßnahmen einleiten zu können, muss zunächst die standortspezifische **Belastbarkeit** der Böden, die sich aus ihrem Zustand ergibt, bestimmt werden. Ist die Bodenqualität bereits so schlecht, dass keine Funktionsfähigkeit mehr gegeben ist, steigt die Gefährdung an. Die Einschätzung der **potentiellen Gefährdung** wird der **Belastung** durch die jeweilige Landnutzung gegenüber gestellt. Ist die Schutzwirkung hoch (Beispiele sind Wald, Grünland, mehrjähriger Futterbau, enge Wintergetreidefolgen u.s.w.), ist die tatsächliche Erosionsgefährdung wesentlich geringer als bei unzureichender Schutzwirkung (Beispiele sind Maisfolgen, Zuckerrüben in konventionellem Anbau und Sommergetreide). Die kombinierte Bewertung der Belastbarkeit und der Belastung ergibt die Grundlage für die Intensität der Vorsorgemaßnahmen (Abb. 31).



Abb. 31: Bewertungsschritte zur Ableitung von Schutzmaßnahmen

Um angemessen zu reagieren, ist eine eindeutige Bewertung des tatsächlichen Risikos notwendig. Dazu werden bestimmte Bewertungsschritte vorgegeben (Abb. 32).

	Schrittfolge	Ergebnis
A	Bewertung des Standortes nach Bodenzustand, Hydrologie und Geländemorphologie	Karten der regionsspezifischen potentiellen Wassererosions- und Winderosionsgefährdung mit Gefährdungsstufen
	Standortspezifische Präzisierung der potentiellen Gefährdungsbereiche durch Abflussbahnen im Gelände oder Windoffenheit	Karten der präzisierten regionsspezifischen Wassererosions- und Winderosionsgefährdung, Ausweisung regionaler Schwerpunktgebiete
B	Bewertung der langfristigen Wirkung der Landnutzung auf Erhöhung oder Verminderung der Standortgefährdung	Regionsspezifische Karten, basierend auf der Strukturierung der Agrarlandschaft (Luftbilder, TOP-Karten)
	Bewertung der mittelfristigen Wirkung der agrarischen Landnutzung auf die Erhöhung oder Verminderung der Risiken im Betrieb	Betriebliche Bewertung der Anbausysteme hinsichtlich der Schutzwirkung, basierend auf Bewertung der Bodenbedeckung
C	Ermittlung der tatsächlichen Wasser- und Winderosionsgefährdung im Betrieb aus der Kombination von A und B	Flächenscharfe Einschätzung der tatsächlichen Gefährdung zur Entscheidung über die erforderliche Schutzstufe der guten fachlichen Praxis Vorsorgeempfehlung
D	Parzellenscharfe Einzelfallprüfung nach Niederschlags- oder Windereignissen mit Erosionsfolgen für die Umwelt	Ereignisbezogene Einschätzung des Schadens und seiner Wiederkehrwahrscheinlichkeit zur Entscheidung über Gefahrenabwehr oder Vorsorge

Abb. 32: Schrittfolge zur Ermittlung und Bewertung des potentiellen und tatsächlichen Bodenerosionsrisikos (Wasser- und Winderosion)

3.1 Ermittlung des potentiellen Wassererosionsrisikos und die standortspezifische Präzisierung [A]

Bestimmung der potentiellen Wassererosionsgefährdung

Grundlage ist die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung im Maßstab 1:25.000, die für die ehemalige DDR flächendeckend digital vorliegt.

Unter Nutzung der Algorithmen der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (LIEBEROTH ET AL., 1983) kann nach Modifizierung aus Substrat- (SFT) und Neigungsflächentyp (NFT) die Wassererosionsgefährdung der Standorte abgeleitet werden. Durch die konkrete flächenmäßige Verknüpfung von SFT und NFT werden 5 Gefährdungsklassen zur Beurteilung herangezogen (Tab. 2).

Tab. 2: Bestimmung der potentiellen Wassererosionsgefährdung für Flächentypen und Bodenarten der Jungmoränenstandorte auf der Basis der MMK

	Substratflächentyp	Neigungsflächentyp						
		01	03	05	07	09	11	13
Bodensubstrat mit Angabe der Korngrößen < 0,0063 mm	Schlüsselnummer nach MMK	eben	flach	flach mit mäßig geneigten Anteilen	flach mit stark geneigten Anteilen	mäßig geneigt mit stark geneigten Anteilen	stark geneigt	sehr stark geneigt
Ton; > 38%	18, 19	ohne	ohne	ohne	gering	gering	mäßig	stark
Sand; ≤ 7%	1, 2, 28, 33, 36, 39, 42, 43, 92, 94	ohne	ohne	gering	gering	mäßig	stark	sehr stark
Lehm- u. Schlufflehm; > 25...≤ 38 %	11, 14..17, 20	ohne	gering	mäßig	mäßig	stark	stark	sehr stark
lehmige Sande u. sandige Lehme; > 7...≤ 25 %	3..10, 12, 13, 21..27, 44	ohne	gering	mäßig	stark	stark	sehr stark	sehr stark

Um im 2. Schritt die Erosionsgefährdung für größere Einheiten zu aggregieren, kann mit Hilfe eines Indexes zum Vergleich von Gebieten oder Flächen nach einer Methodik von THIÈRE ET AL. (1991) die potentielle Wassererosionsgefährdung für administrative Einheiten oder naturräumliche Einzugsgebiete ermittelt werden.

Tab. 3: Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Gefährdungsklassen (Berechnung auf der Grundlage der MMK)

		davon				
landwirtschaftlich genutzte Fläche		nicht gefährdet	gering gefährdet	mäßig gefährdet	stark gefährdet	sehr stark gefährdet
1673070	ha	1113742	331741	144616	80007	2964
	%	66,6	19,8	8,6	4,8	0,2

Die landwirtschaftliche Nutzfläche Brandenburgs ist zu 33,4 % wassererosionsgefährdet. Die Flächenanteile für die einzelnen Gefährdungsgruppen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Die potentielle Wassererosionsgefährdung wurde für die naturräumlichen Einzugsgebiete Brandenburgs auf dieser Grundlage bestimmt und ist in Abb. 33 dargestellt.

Die Schwerpunktgebiete der Wassererosionsgefährdung liegen in der Uckermark, der Prignitz, im Fläming, im Barnim, der Lebuser Platte und in der Niederlausitz.

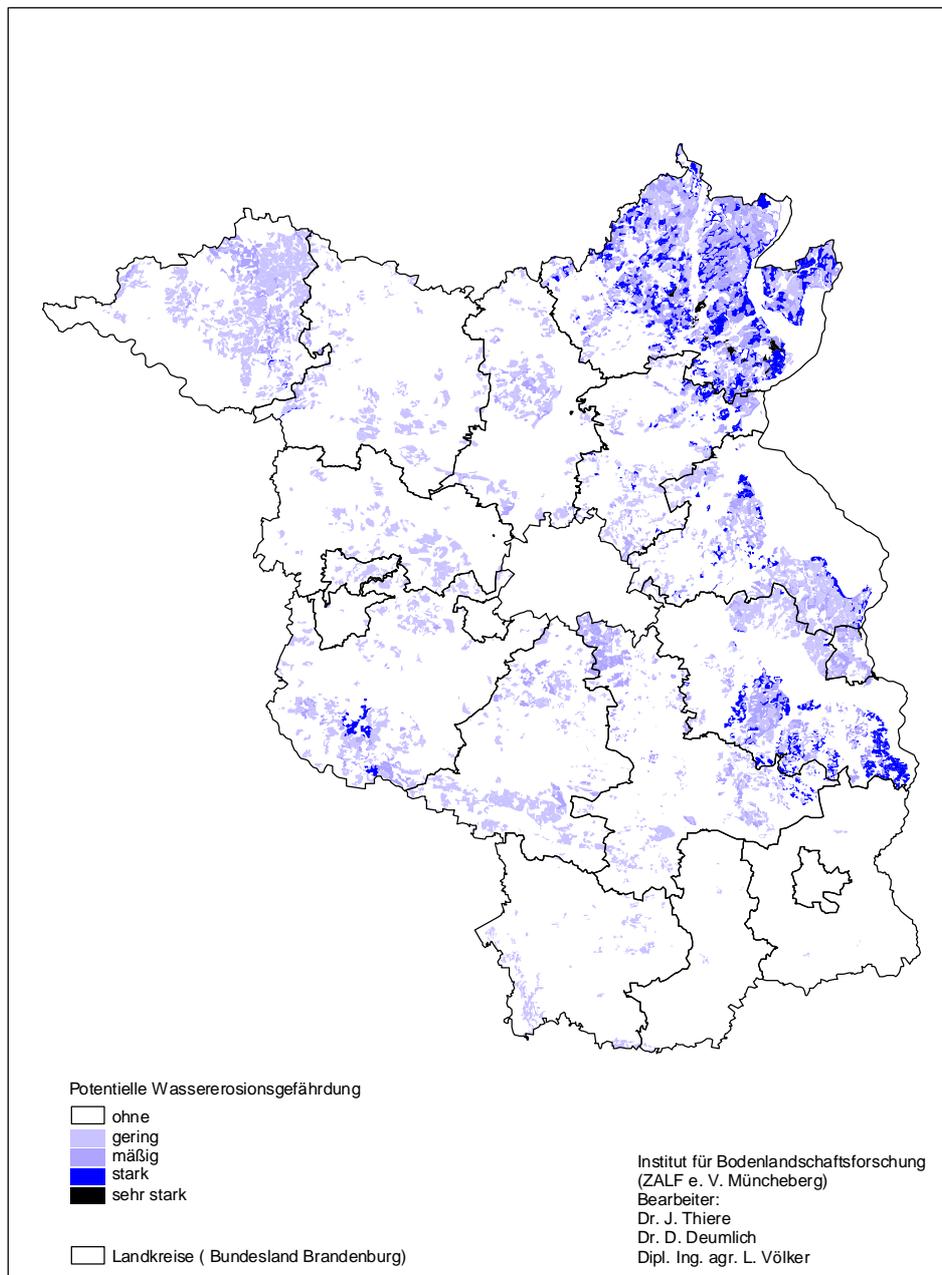


Abb. 33: Potentielle Wassererosionsgefährdung im Land Brandenburg (Grundlage MMK)

Für die Bestimmung der potentiellen Wassererosionsgefährdung für kleinere Gebiete (z. B. einzelne Ackerflächen) steht eine weitere Methode auf der Grundlage der Bodenschätzungsunterlagen zur Verfügung, die im Kapitel 5 näher beschrieben wird.

Datengrundlage und Beschaffung:

⇒ Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (digital oder analog)
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Präzisierung der potentiellen Wassererosionsgefährdung durch die Bestimmung potentieller Erosionspfade (Talwege)



Talwege sind bevorzugte lineare Erosionsbahnen, die sich aus der Geländemorphologie der in der Eiszeit geprägten Fläche ergeben. In den Talwegen kommt es bevorzugt zu einem gebündelten Oberflächenabfluss mit erhöhtem Bodentransport (Abb. 34), obwohl oft nur geringe Hangneigung besteht. An Talwegen besteht daher ein besonderes Potential zu Durchbrüchen und Einträgen in angrenzende Biotope.

Abb. 34: Erosion in einem Talweg

Die Kartierung der Talwege kann auf der Basis von großmaßstäbigen topographischen Karten oder Höhenmodellen erfolgen.

Aus den großmaßstäbigen Karten sind die besonders ausgeprägten Talwege anhand der Höhenlinien zu erkennen (siehe Kapitel 5).

Mit Hilfe eines Höhenmodells erfolgt eine GIS-gestützte Analyse der Reliefstrukturen, für die bevorzugte Bedingungen für die Ausbildung signifikanter linearer Erosionsformen vorliegen. Es wird dabei angenommen, dass die Richtung des Erosionsprozesses in erster Näherung mit dem Abflussprozess des Wassers übereinstimmt (Abb. 35).

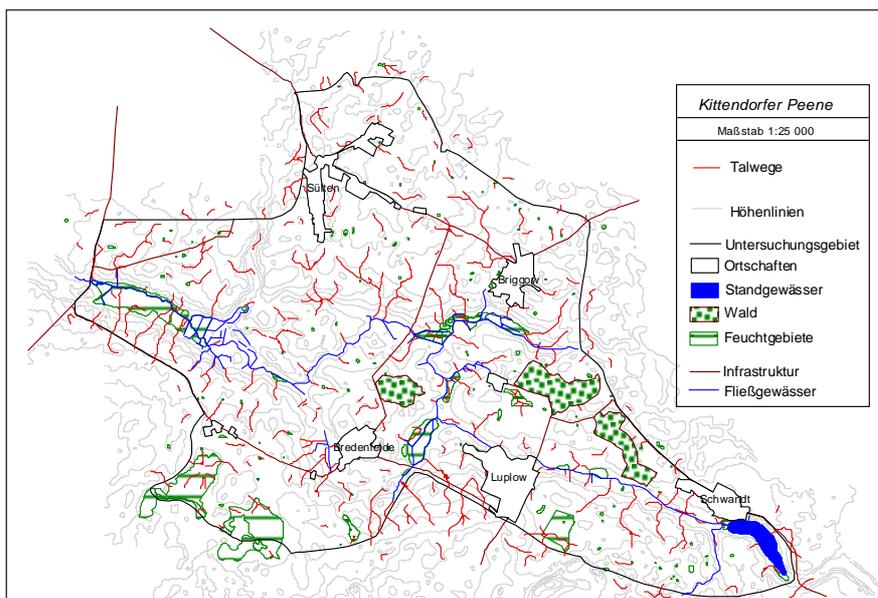


Abb. 35: Mögliche lineare Erosionsschwerpunkte in einem wassererosionsgefährdeten Einzugsgebiet

Datengrundlage und Beschaffung:

⇒ Topographische Karten

⇒ Digitalisierte Karten, Digitalisierte Geländehöhenmodelle

Landesvermessungsamt Brandenburg

3.2 Ermittlung des potentiellen Winderosionsrisikos und die standort-spezifische Präzisierung [A]

Bestimmung der potentiellen Winderosionsgefährdung

Die Bewertung der potentiellen Winderosionsgefährdung erfolgt auf der Basis einer Matrix, in der Substratflächentyp und Hydromorphieflächentyp der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung verknüpft und in Gefährdungsklassen bewertet werden (Tab. 4).

Tab. 4: Matrix zur Bestimmung der potentiellen Winderosionsgefährdung aus Substrat- und Hydromorphieflächentypen (LIEBEROTH et al. 1983)

Substratflächentyp	Hydromorphieflächentyp		
	Vorwiegend Sickerwasser	Vorwiegend Staunässe o. Grundwasser	vorwiegend Grundwasser o. extreme Staunässe
vorwiegend Sand, Decklehmsand o. Sandlöß	stark und sehr stark	mäßig	ohne
Tieflehm, Torf über Sand	mäßig	mäßig	ohne
Lehm, Lehmsand, Auenlehm	gering	gering	ohne
Grünland	ohne	ohne	ohne

Die Berechnungen auf der Grundlage der MMK-Daten ergeben eine potentielle Winderosionsgefährdung von 79 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche für das Land Brandenburg, wobei ein hoher Anteil der Flächen als sehr stark gefährdet eingestuft wird (Tab. 5). Die potentiell stärker gefährdeten Gebiete Brandenburgs liegen in den Talsandbereichen der Oder, den sehr leichten Sandstandorten im südlichen Brandenburg sowie in den großen Niederungsgebieten im Nordwesten des Landes (Abb. 36).

Tab. 5: Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Gefährdungsklassen (Berechnung auf der Grundlage der MMK)

landwirtschaftlich genutzte Fläche	davon				
		nicht gefährdet	gering gefährdet	mäßig gefährdet	stark und sehr stark gefährdet
1673070	ha	356612	78601	553613	684044
	%	21,3	4,7	33,1	40,9

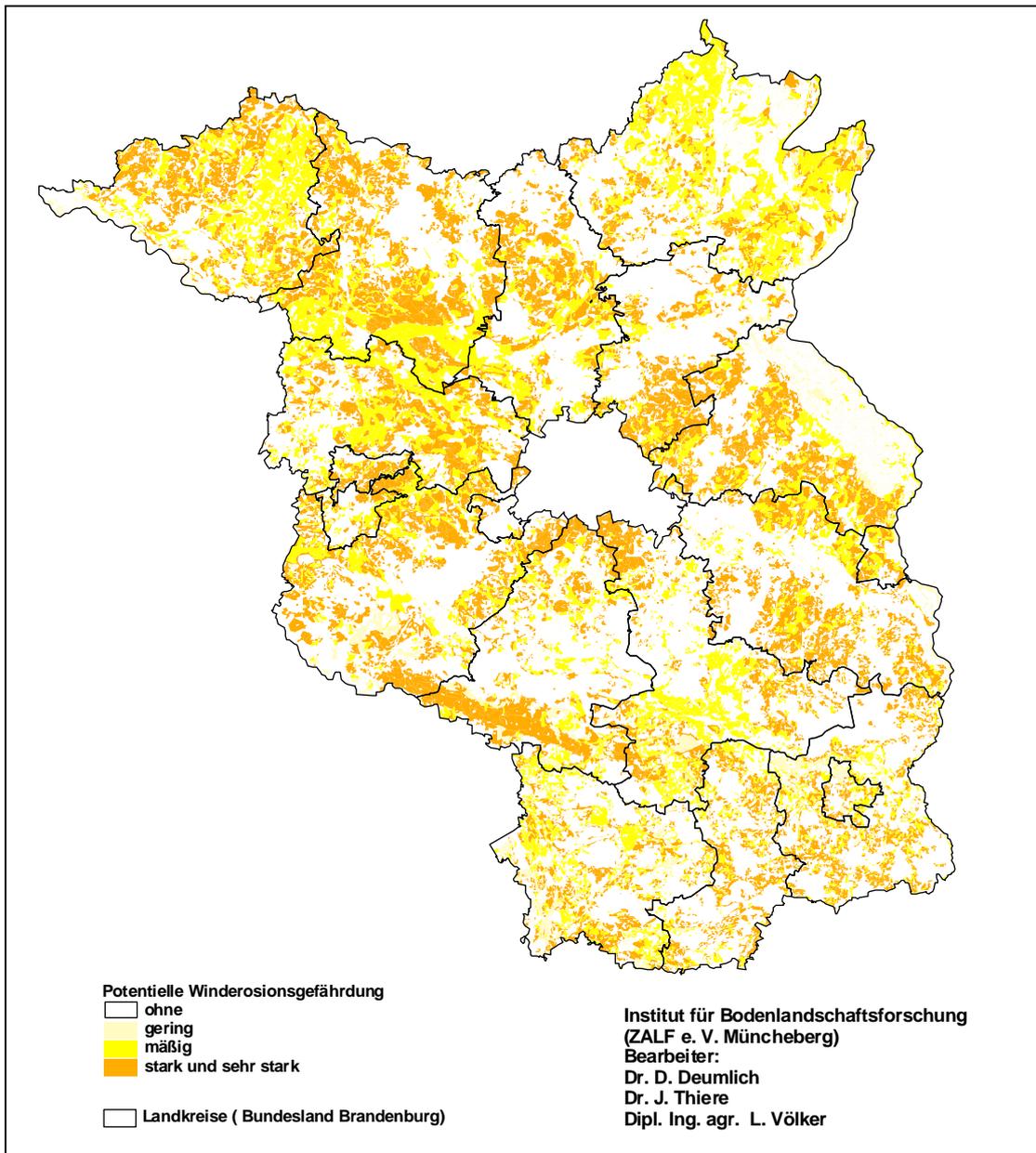


Abb. 36: Potentielle Winderosionsgefährdung im Land Brandenburg (Grundlage MMK)

Datengrundlage und Beschaffung:

⇒ Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (digital oder analog)
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Präzisierung der potentiellen Winderosionsgefährdung durch die Ermittlung der Windoffenheit

Die Bewertung der Windoffenheit und der Wirksamkeit vorhandener Windschutzpflanzungen basiert auf der Grundlage der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung für das Land Brandenburg (Kapitel 5).

Datengrundlage und Beschaffung:

⇒ Biotop- und Nutzungstypenkartierung
⇒ Digitale Biotoptypenkarte
Landesumweltamt Brandenburg

3.3 Bewertung der Landnutzung hinsichtlich des Risikos der Wasser- und Winderosion [B]

Die Bodennutzung beeinflusst Beginn, Verlauf, Abtragsmenge und Schäden durch Bodenerosion entscheidend. Art und Verteilung der Vegetations- und Nutzungsformen haben Einfluß auf die Erosionsgefährdung. Flächen unter forstlicher Nutzung sind weit weniger gefährdet als Flächen unter agrarischer Nutzung.

Auf den Agrarflächen bestehen je nach Intensität der Nutzung und der Art der Anbausysteme große Differenzen.

Bodenbedeckung als Indikator

Die Wirkung der „Vegetationsdecke“, die von den angebauten und natürlich vorkommenden Pflanzen gebildet wird, ist ausschlaggebend für den Grad des Bodenabtrages durch Wasser oder Wind.

Eine gleichmäßig verteilte Bedeckung der Bodenoberfläche zu mehr als 50 % durch Pflanzen und Pflanzenreste bietet einen wirksamen Schutz vor Bodenabtrag durch Oberflächenabfluss und ist die beste Vorsorge gegen Wasser- und Winderosion. Der Schutz beginnt bereits bei 20-30 %, ist dann aber zumindest auf Flächen mit Wassererosionsrisiko noch nicht ausreichend (Tab. 6).

Tab. 6: Beispiel für den Einfluss der Bodenbedeckung auf den Abfluss und Bodenabtrag (Relativwerte auf der Basis 10-jähriger Messungen) (FRIELINGHAUS ET AL., 1999)

Bodenbedeckung %	Pflanzenrückstände in der Trockenmasse t/ha	Oberflächenabfluss %	Bodenabtrag Wassererosion %	Bodenabtrag Wind- erosion %
0	0	45	100	100
>25 – ca. 30	0,5	40	25	15
>30 – ca. 50	2	< 30	8	3
>50 – ca. 70	4	< 30	3	<1
> 70	6	< 30	< 1	<1

Außerhalb der Vegetationszeit ist ein Schutz gewährleistet, wenn mehr als 2 t je ha organischer Trockenmasse von Pflanzenrückständen auf der Bodenoberfläche verbleiben (FRIELINGHAUS ET AL., 1997b). Natürlich wird der Bodenabtrag bereits bei geringeren Bedeckungsgraden auf mäßig gefährdeten Flächen reduziert, aber eine größere Sicherheit kann erst bei ausreichender Bedeckung gewährleistet werden.

Auf der Grundlage langjähriger Feldversuche und Schadenskartierungen wurde für die Bewertung der Fruchtarten hinsichtlich ihrer Schutzwirkung ein Schema entwickelt, in dem die Bodenbedeckung als Kriterium verwendet wird. Die Einschätzung jeder einzelnen Fruchtart bzw. ihrer Anbaufolgen ist nach 5 Kriterien möglich und erlaubt die Einschätzung der Fruchtarten und Anbaufolgen in 3 Klassen (ausreichender, beginnender, unzureichender Schutz). In Tabelle 7 werden Beispiele für Brandenburger Anbaufolgen dargestellt.

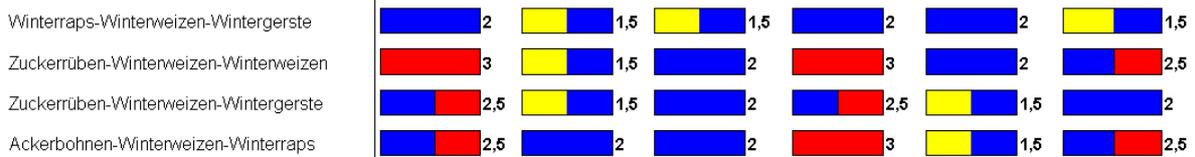
Tab. 7: Bewertung von Fruchtarten und Beispielsanbaufolgen hinsichtlich ihrer Schutzwirkung durch die Bodenbedeckung (Teil I u. II: konventionelle Bewirtschaftung, Teil III: konservierende Bewirtschaftung)

	Bewertungskriterien				
	Geschwindigkeit der Pflanzenentwicklung	Grad der Bedeckung (Standraumverteilung)	Bedeckung während des Sommerhalbj. (1.4. bis 30.9.)	Bedeckung während des Winterhalbj. (1.10 bis 31.3.)	Gesamtbewertung
Teil I					
Fruchtarten Teil I					
Dauerbegrünung	1	1	1	1	1
Selbstbegrünung	2	1	1,5	2	2
Mehrjährige Futterpflanzen Luzerne, Klee gras (Hauptnutzungsjahr)	1	1	1	1	1
Wintergerste	1	1	1	1	1
Winterweizen Aussaat vor 1. Oktober	2	1	1	2	1,5
Aussaat nach 10. Oktober	3	1	1,5	3	2,5
Winterroggen Aussaat vor 1. Oktober	1,5	1	1	1	1
Aussaat nach 10. Oktober	2	1	1	2	1,5
Winterraps	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sommerraps	1,5	2	2	3	2
Hafer	2	1	2	3	2
Sommergerste	1,5	1	2	3	2
Sommerweizen	2	1,0	2	3	2,5
Erbsen	2	1,5	2	3	2
Kartoffeln	2,5	2,5	2,5	3	3
Zuckerrüben	3	2	2,5	3	3
Lupine	1,5	2	1,5	3	2
Öllein/Faserlein	2,5	1	2,5	3	2,5
Ackerbohnen	2,5	2,5	2,5	3	3
Mais	3	3	2,5	3	3
Speisemöhre	3	2,5	2	3	3
Sonnenblumen	3	3	2,5	3	3
(Zwischenfrüchte)					
(Ölrettich)	1,5	2	-	1,5	2
(Phacelia)	1	1,5	-	1,5	1,5
(Senf)	1	1,5	-	1,5	1,5
(Getreidestoppel) (Stoppelbearbeitung im Herbst)	1	1	-	1,5	1,5
(ohne Bearbeitung bis zum Frühjahr)	1	1	-	1	1
(Getreidestoppel mit Einsaaten)	1	1	-	1	1
Brache	3	3	3	3	3

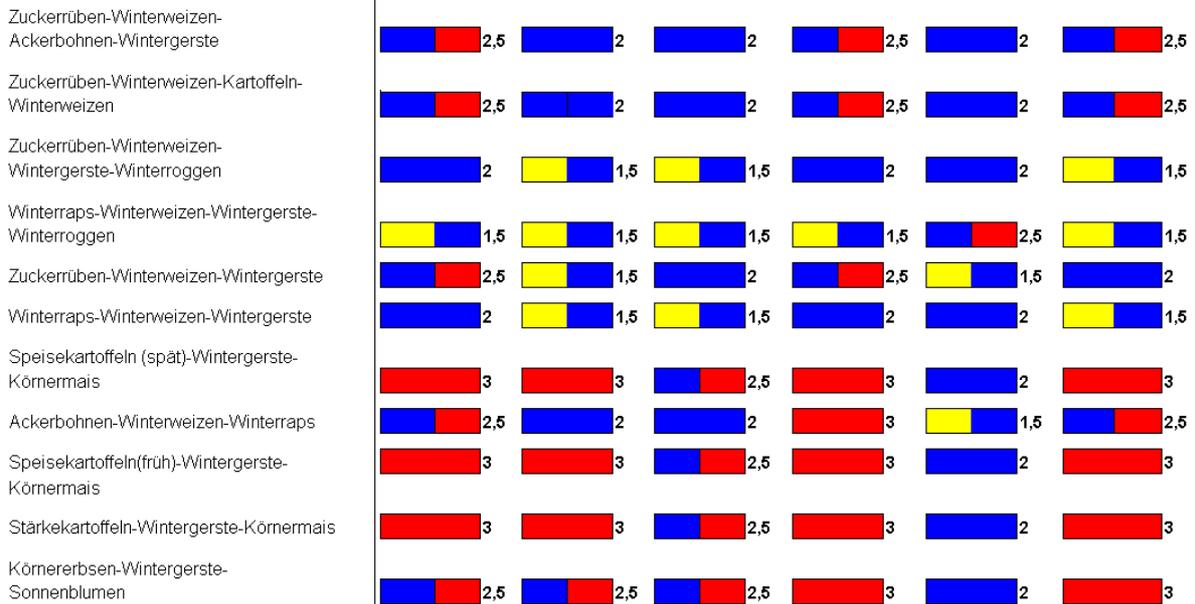
Teil II

Anbaufolgen/Fruchtfolgeglieder

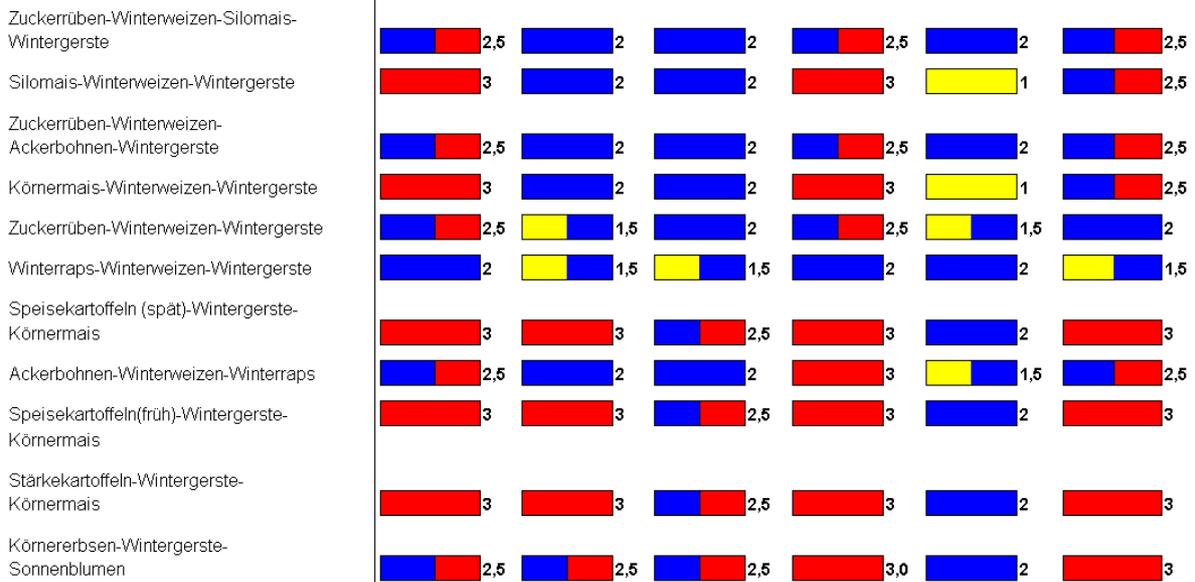
Ackerbaubetriebe mit sehr hohem Ertragspotential (AZ > 45)



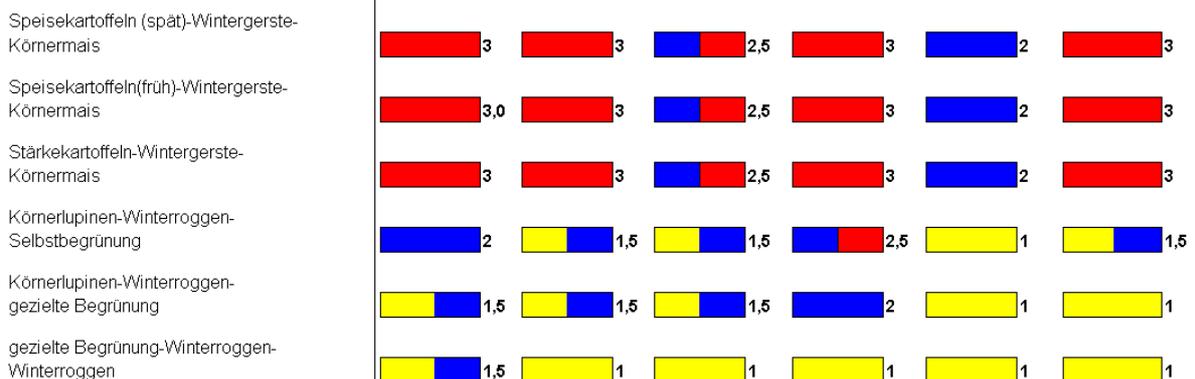
Ackerbaubetriebe mit hohem Ertragspotential (AZ 36-45)



Ackerbaubetriebe mit mittleren Ertragspotential (AZ 29-35)

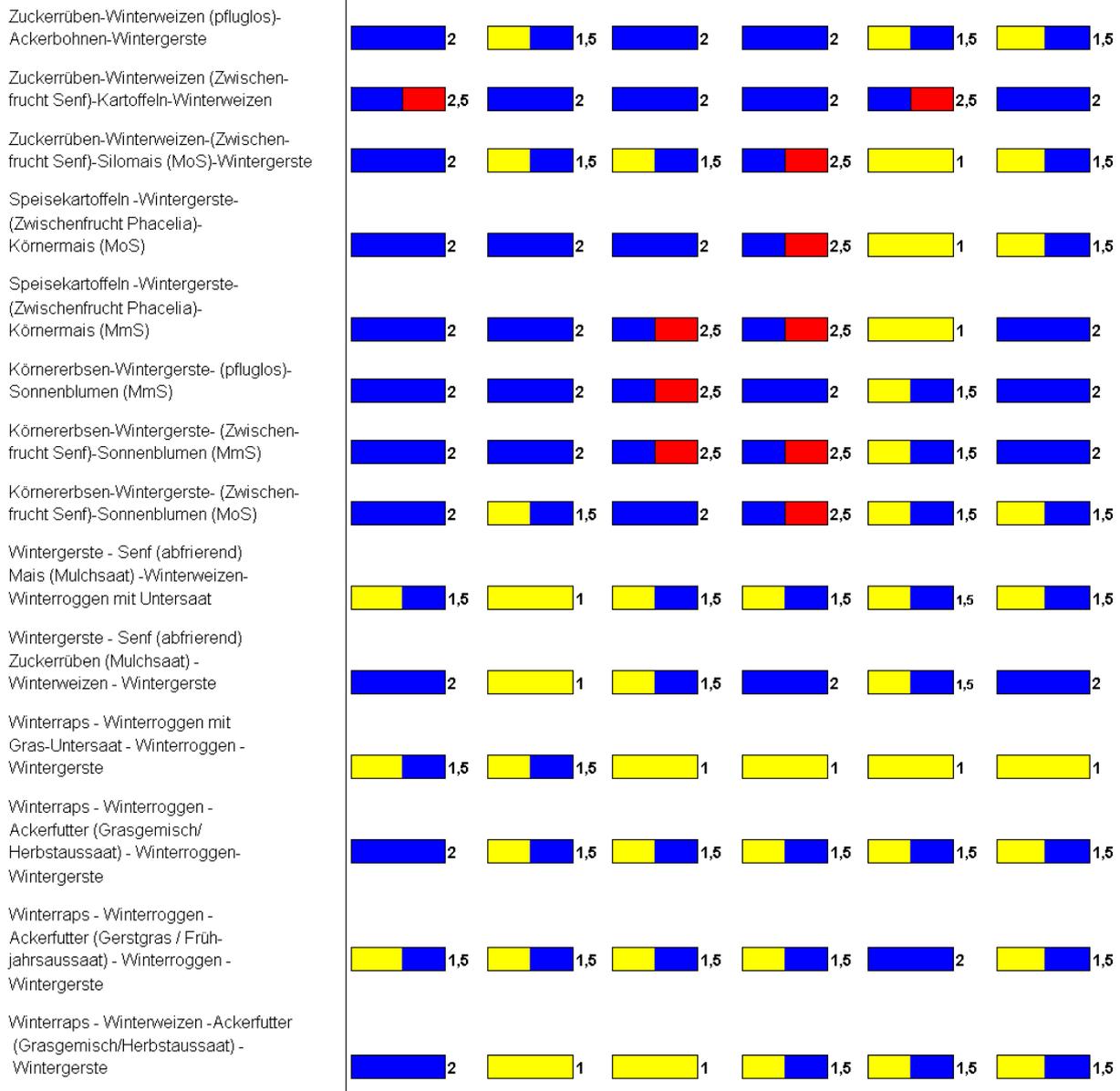


Ackerbaubetriebe mit niedrigen Ertragspotential (AZ 23-28)



Teil III

Schutzanbaufolgen/Fruchtfolgeglieder



MoS Mulchsaat ohne Saatbettbereitung MmS Mulchsaat mit Saatbettbereitung

Der Landwirt ist in der Lage, durch Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Technikeinsatz für seinen Standort den optimalen Bedeckungsgrad einzustellen. Dazu muss er messen können, welchen Bedeckungsgrad er bei vorgegebenen Management realisieren kann und wo Möglichkeiten für eine Erhöhung liegen. Mit Hilfe einer direkten Bewertungsmethode ist es möglich, den *aktuellen Bedeckungsgrad* in seiner zeitlichen und räumlichen Verteilung zu bestimmen und sowohl Anbaufolgen als auch Bodenbearbeitungsoperationen zu bewerten. Die Methode wird in Kapitel 5 beschrieben.

3.4 Bewertung der tatsächlichen Erosionsrisiken auf der Basis von Standort und Bodennutzung zur Ableitung von Empfehlungen zur Vorsorge [C]

Die kombinierte Bewertung von Standort und Bodennutzung als Grad der tatsächlichen Gefährdung ermöglicht die Entscheidung, ob Bodennutzung und -bewirtschaftung dem potentiellen Risiko angepasst sind und damit die Nachhaltigkeit durch allgemeine Vorsorge gegen Bodenerosion gewährleistet ist. Ist ein zu hohes Risiko erkennbar, muss die Bodenbewirtschaftung entsprechend verändert werden.

Nach der hier vorgeschlagenen Vorgehensweise ergeben sich 3 realistische Risikostufen (Tab. 8).

Tab. 8: Übersicht zur Bestimmung der tatsächlichen Bodenerosionsgefährdung

Bewertung des Standortes potentielle Bodenerosionsgefährdung	Bewertung der Bodennutzung Nutzungsrisiko		
	niedrig (Schutzwirkung ausreichend)	mittel (Schutzwirkung beginnend, aber nicht befriedigend)	hoch (Schutzwirkung nicht vorhanden)
niedrig (ohne und gering)	niedrig	niedrig	mittel
mittel (mäßig)	niedrig	mittel	hoch
(hoch) stark und sehr stark	mittel	hoch	hoch

In der Risikostufe „niedrig“ ist die Vorsorge gewährleistet.

In der Risikostufe „mittel“ ist die Vorsorge in kritischen Bereichen nicht gewährleistet. Es sollten zumutbare Bodenschutzmaßnahmen gegen Erosion - wenn noch nicht geschehen - in jedem Fall umgesetzt werden. Das Verfahrenschema ist bewusst unscharf gehalten, um standortangepasste und bewirtschaftungsbedingte Besonderheiten berücksichtigen zu können. Einzelfallentscheidungen helfen klären, ob die Vorsorgepflicht nach dem BBodSchG erfüllt ist. Dazu muss gegebenenfalls notwendiger Sachverstand eingeholt werden.

In der Risikostufe „hoch“ ist die Vorsorge nicht gewährleistet ist. Hier besteht dringender Handlungsbedarf. Zusätzlich zu den Maßnahmen einer deutlichen Erhöhung der Bodenbedeckung verbessern Flurgestaltungsmaßnahmen den Schutz vor Erosion.

Die abgeschätzte tatsächliche Erosionsgefährdung kann in einer Karte auf Regions- bis Schlagebene dargestellt werden (s. Kapitel 5). Derartige Karten kann der Raumplaner zur Darstellung erosionsgefährdeter Gebiete nutzen. Für den Landwirt sind solche Karten nützlich, da sie ihm auf seinem Betrieb Entscheidungshilfen für seine Bewirtschaftung im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes bieten.

Nachfolgend sind Maßnahmen gegen Bodenerosion nach ihrer Wirksamkeit (aufsteigend von 1 nach 3) gruppiert:

1. Allgemein bodenschonende Bewirtschaftung zur Erhöhung der Bodenbedeckung in Form von Zwischenfruchtanbau, Mulchsaat von Reihenkulturen mit Saatbettbereitung, Hangquerbearbeitung, Vermeiden hangabwärtsgerichteter Fahrspuren. Diese Maßnahmen gelten als gute fachliche Praxis auf allen potentiell gering gefährdeten Standorten.
2. Mulchsaat von Reihenkulturen möglichst ohne Saatbettbereitung, in Kombination mit konservierender Bodenbearbeitung als sehr wirkungsvolle Maßnahme zur Erhöhung einer schützenden Bodenbedeckung. Diese Maßnahmen gelten als gute fachliche Praxis bei mäßigem potentiellen Erosionsrisiko.
3. Konservierende Bodenbearbeitung im gesamten Fruchtfolgeverlauf notwendig unter zusätzlicher Verkürzung der Fließwege und windoffenen Strecken z. B. durch Hanggliederungsmaßnahmen, begrünte Abflusswege und Flurgehölzanpflanzungen. Dieser Maßnahmenkomplex ist nach und nach als gute fachliche Praxis bei starker potentieller und tatsächlicher Erosionsgefährdung einzuführen.

Zu diesen einzelnen Komplexen werden im Kapitel 4 Kenntnisse und Erfahrungen mitgeteilt.

4 MAßNAHMEN DER VORSORGE GEGEN BODENEROSION IN BRANDENBURG

In der Broschüre „gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“ (BMELF, 1999) sind wirksame Schutzmaßnahmen zusammengestellt, die die gute fachliche Praxis auf risikobehafteten Standorten darstellen (s. Übersicht 1).

ÜBERSICHT 1: EINZELN BZW. IN KOMBINATION ANWENDBARE MAßNAHMEN DER GUTEN FACHLICHEN PRAXIS ZUR VORSORGE GEGEN BODENEROSION (BMELF 1999)

- **Allgemeine acker- und pflanzenbauliche Schutzmaßnahmen**
 - ⇒ Minimierung der Zeitspannen ohne Bodenbedeckung, u. a. durch Fruchtfolgegestaltung, Zwischenfrüchte, Untersaaten und Strohmulch.
 - ⇒ Vermeidung hangabwärts gerichteter Fahrspuren.
 - ⇒ Vermeidung bzw. Beseitigung infiltrationshemmender Bodenverdichtungen.
 - ⇒ Aufbau und Erhalt verschlammungsmindernder stabiler Bodenaggregate durch Förderung der biologischen Aktivität sowie durch Kalkung u. ä..
- **Erosionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren**
 - ⇒ Mulchsaat möglichst ohne Saatbettbereitung im Sinne des Belassens einer bodenschützenden Mulchauflage sowie des Erhalts stabiler Bodenaggregate.
 - ⇒ Konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat möglichst im gesamten Fruchtfolgeverlauf anstreben, mindestens jedoch zu einzelnen, von Erosion besonders betroffenen Fruchtarten (Mais, Zuckerrüben) im Sinne eines flächenhaft wirkenden Erosionsschutzes.
- **Erosionsmindernde Flurgestaltung**
 - ⇒ Anlage paralleler Streifen quer zu Gefälle und Hauptwindrichtung mit Wechsel der Fruchtarten oder Einsaat abflussbremsender Grasstreifen.
 - ⇒ Schlagunterteilung durch Anlage von Erosionsschutzstreifen (z. B. Gehölze, Feldraine), Wegen mit Gräben bzw. durch Anlage von Windschutzstreifen quer zum Gefälle bzw. zur Hauptwindrichtung.

Diese Vorsorgemaßnahmen sind situations- und standortbezogen einzeln oder in Kombination zu ergreifen, wenn ein potentiell oder tatsächliches Erosionsrisiko besteht, weil Ackerschläge, die z. B. auf Grund geringer Hangneigung als wenig gefährdet eingestuft werden, im Einzeljahr beim Anbau von Mais z. B. eine Zunahme der tatsächlichen Gefährdung aufweisen. Hier müssen trotz des geringen potentiellen Risikos umfassende Schutzmaßnahmen durchgeführt werden. In diesem Sinne muss ein Landwirtschaftsbetrieb aus den in Übersicht 1 zusammengestellten Maßnahmen diejenigen auswählen bzw. kombinieren, welche die Bodenerosion im Sinne der Vorsorge erheblich vermindern.

Nachstehend wird die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen der Übersicht 1 erläutert. Dabei wird auf Probleme bei der Einführung oder Umsetzung eingegangen. Die angebotenen Lösungsvorschläge werden zur Erhöhung der Akzeptanz bei den Landwirten beitragen.

4.1 Allgemein bodenschonende Bewirtschaftung zur Erhöhung der Bodenbedeckung

Maßnahme	Beschreibung/Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> Fruchtartenauswahl und Anbaufolgen 	Reduzierung weitreihiger Fruchtarten (Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln, auch Raps und Sonnenblumen) auf gefährdeten Teilflächen, wenn keine konservierende Bewirtschaftung möglich ist. Wintergetreide statt Sommergetreide, mehrjähriges Futter Ziel: zeitliche und räumliche Erhöhung der schützenden Bodenbedeckung
<ul style="list-style-type: none"> Zwischenfruchtanbau 	Futter- oder Gründungspflanzen in Anbaufolgen, über Winter abfrierende Fruchtarten, möglichst pfluglose Bestellung der Folgefrucht Ziel: Erhöhung der Bodenbedeckung im Winterhalbjahr, Vermeidung negativ wirkender Brachezeiten, Erhöhung der Bodenbedeckung in Hackfrüchten
<ul style="list-style-type: none"> Untersaaten 	Gras-Untersaaten in Wintergetreide (Standorteignung prüfen!) Klee- und Klee grasuntersaaten in Mais (Standorteignung prüfen !) Ziel: Erhöhung der Bodenbedeckung im Winterhalbjahr bis zur Folgefrucht
<ul style="list-style-type: none"> Änderung der Arbeitsverfahren 	Zusammenlegung von Arbeitsgängen zur Reduzierung von Fahrspuren/Erosionsrinnen; Verkürzung einheitlich bestellter Hanglängen (zeitweilig)/Windstrecken, Netzwerk von Transportwegen zur Transportreduzierung auf den Flächen Ziel: Reduzierung der durch die Bodenbearbeitung erhöhten Erosionsgefährdung
<ul style="list-style-type: none"> Standortabhängige Bodenbearbeitung 	Reduzierung der wendenden Bodenbearbeitung in der Anbaufolge, Ausnutzung von Stoppeln zur Bodenbedeckung; keine Bearbeitung bei zu feuchten Bedingungen, keine Fahrspuren vor Winter oder im zeitigen Frühjahr durch Herbizidanwendung. Nachauflauf- Pflanzenschutzbehandlung Ziel: Verlängerung der Bodenbedeckung, Vermeidung von Verschlammung und Verkrustung und Fahrspuren als potentielle Erosionsgräben

Fruchtartenauswahl und Anbaufolgen

Der Vergleich der Bodenbedeckung in einer hackfruchtbetonten und einer getreide/futterbetonten Anbaufolge zeigt die Möglichkeiten der Erhöhung der Bodenbedeckung innerhalb einer Rotation. Ratsam ist, Hackfrüchte wie Zuckerrüben, Mais und Kartoffeln auf nicht gefährdeten Flächen anzubauen, da die Erfahrungen zu Zuckerrübenmulchsaat in Brandenburg noch nicht überall vorliegen. Sommergetreide sollte in gefährdeten Gebieten ebenfalls nicht großflächig angebaut werden.

Zwischenfruchtanbau und Untersaaten

Unter den Witterungsverhältnissen Brandenburgs werden Bodenabträge auch im Winter und zeitigen Frühjahr gemessen, wenn langanhaltende Niederschläge oder starker Wind auftreten.

Der Boden ist in der Regel wassergesättigt und kann nur noch wenig Niederschlags- oder Schneeschmelzwasser aufnehmen. Das Wasser sammelt sich an der Oberfläche, fließt ab und transportiert Boden und Nährstoffe hangabwärts. Ähnliches pas-

siert, wenn die Wasserversickerung durch Frost im Boden eingeschränkt ist und der Boden von oben her auftaut oder Regen fällt. In diesen Fällen können bereits geringe Niederschläge zu starker Bodenverlagerung führen.

Die Windhäufigkeit und -geschwindigkeit sind im Winter und zeitigen Frühjahr hoch. Starkwinde, die auf gefrorenen und vielfach dadurch an der Oberfläche ausgetrockneten und mürben oder auf im Frühjahr ausgetrockneten Boden treffen, führen in dieser Jahreszeit zu erheblichen Bodenverlagerungen und Sandstürmen.

Der Bodenerosion durch Wasser oder Wind kann durch den Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten besonders im Winterhalbjahr entgegengewirkt werden.

Zwischenfrüchte

Sommerzwischenfrüchte / Stoppelfrüchte werden im Frühjahr unter Deckfrucht oder nach der Getreideernte als Stoppelsaat ausgesät. Sie werden in der Regel im gleichen Jahr geerntet, abgeweidet oder zur Gründüngung eingepflügt. Die abgefrorenen Pflanzenrückstände bleiben über Winter als Bodenschutz stehen.

Sommerzwischenfrüchte und Stoppelfrüchte stellen eine Möglichkeit des Bodenschutzes zwischen Hauptfrüchten dar. Die Abb. 37 zeigt einen Phacelia-, einen Ölrettich- und einen Senfbestand im Herbst. Alle 3 Arten sind für Brandenburger Standortverhältnisse geeignet und bedecken den Boden etwa 4 Wochen nach der Aussaat, wenn sie zu einem optimalen Termin bestellt werden.

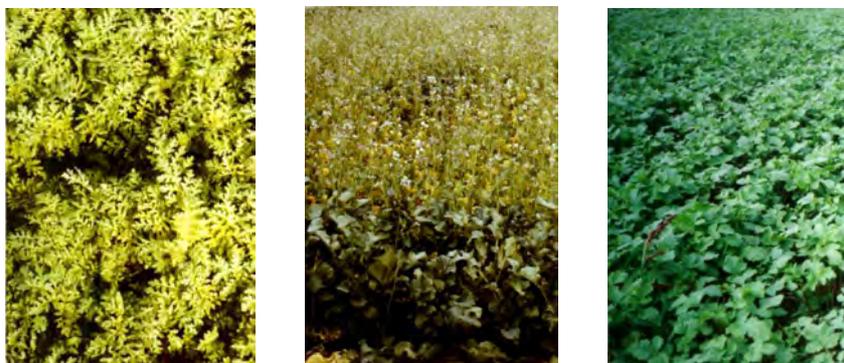


Abb. 37: Phacelia-, Ölrettich- und Senfbestand im Herbst

Die Aussaat muß bei Phacelia bereits im Juli erfolgen, spätestens Anfang August. Bis zum 15. August kann Ölrettich bestellt werden, während Senf als spätsaatverträgliche Zwischenfrucht bis zum 5. September ausgesät, noch einen deckenden Bestand entwickelt (Tab. 9).

Tab.9: Optimale Saatzeiten von Stoppelfrüchten

Stoppelfrüchte	Optimale Saatzeit	Aussaatmenge kg/ha
Phacelia	bis Anfang August	15 bis 18
Ökrettich	bis Mitte August	18 bis 20
Senf	bis Anfang September	18

Möglichen Auflaufproblemen, die durch die Sommertrockenheit bedingt sein können, sollte mit wassersparenden Bestelltechnologien vorgebeugt werden. Dichte Bestände vermindern den Bodenabtrag, unterdrücken Unkräuter und sind in der Lage, Nährstoffüberhänge der Vorfrucht bis zum Vegetationsende wirksam abzuschöpfen.

Bei Frösten unter -5 °C frieren Phacelia und Senf in allen Jahren sehr sicher ab, während Ölrettich nur bei stärkerem und länger anhaltendem Frost vollständig abfriert.

Der aus den Rückständen der Pflanzen entstehende „Teppich“ bedeckt den Boden ausreichend, wenn die Trockenmasse mehr als 2 t je Hektar beträgt. Die positive Wirkung wird durch das günstige Mikroklima für Mikroorganismen sowie das Sproß- und Stengelsystem, das den Boden durchlöchert und festhält, verstärkt. Die Vorteilswirkung bleibt bis über die Bestellung der folgenden Hauptfrucht erhalten. Durch eine Einsaat der Folgefrucht in die Rückstände (Mulchsaat) besteht z. B. die große Chance, die erosionsmindernde Wirkung der Rückstände in den Zuckerrüben- und Maisbeständen zu erhalten.

Eine kostengünstige Variante zur Winterbedeckung, die sich in Zukunft stärker durchsetzen wird, ist die Selbstbegrünung von Getreidestoppelflächen. Sie stellt einen sicheren Schutz dar, verlangt aber eine sorgfältige Unkrautbekämpfung vor der folgenden Hauptfrucht.

Winterzwischenfrüchte werden im Spätsommer ausgesät, überwintern und können ab Ende April bis Ende Mai als Futter genutzt werden.

Winterzwischenfrüchte werden meist nach spätreifendem Getreide angebaut und zeichnen sich durch relativ geringe Temperaturansprüche in der Vegetationszeit sowie gute Frostverträglichkeit aus. Ein erfolgreicher Anbau ist außer in sehr trockenen Lagen (D 1- und D 2-Standorte) in Brandenburg möglich.



Gut bekannt ist Futterroggen (Abb. 38), der Ende September ausgedrillt, vor dem Winter noch eine gute Entwicklung nimmt und den Boden ausreichend bedeckt. Ebenso geeignet sind alle übrigen winterharten Fruchtarten wie Futterraps, Winterrüben u.a.. Winterzwischenfrüchte müssen im zeitigen Frühjahr chemisch abgetötet werden, wenn ihre Rückstände als Mulchmaterial dienen sollen. Dadurch können ein zu hoher Wasserverbrauch und Mangel bei der Folgefrucht vermieden werden.

Abb. 38: Futterroggen

Für die Bestellung aller Zwischenfrüchte gilt:

- ⇒ *sorgfältige Bodenbearbeitung*, in der Regel Sommerfurche, da sie gleichzeitig die Bearbeitung für die sich anschließende Hauptfrucht ohne erneute wendende Bodenbearbeitung ist. Immer mehr wird eine Grubberbearbeitung bevorzugt.
- ⇒ *nicht zu feines Saatbett*, um nach der Bestellung die Erosionsgefahr so gering wie möglich zu halten;
- ⇒ *nicht zu früh aussäen*, damit der Zwischenfruchtbestand nicht zu üppig wird;
- ⇒ *nicht zu spät aussäen*, damit genügend Sproßmasse für den Bodenschutz gebildet und das Unkraut unterdrückt wird.

Untersaaten

Untersaaten werden mit dem Wintergetreide im Herbst oder in einem zweiten Arbeitsgang im Frühjahr ausgesät. Sie entwickeln sich nach der Ernte der Hauptfrucht.

Nach der Ernte der Deckfrucht, häufig Getreide, entwickelt sich die Untersaat zügig zu einem flächendeckenden Bestand (Abb. 41), der den Boden über Herbst, Winter und Frühjahr bis zur nächsten Hauptfruchtbestellung bedeckt.



Abb. 39: Knautgras nach der Getreideernte (September)

Als Untersaaten haben sich besonders Gräser bewährt. Auf allen Standorten mit mehr als 600 mm Niederschlag im Jahr sind Gräser unabhängig von der Bodenart als Untersaat zu befürworten. Der Anbau von Knautgras (*Dactylis glomerata* L.) ist auf den zur Frühsommertrockenheit neigenden Standorten Brandenburgs zu empfehlen. Es ist anspruchslos und wird wegen der ausgesprochen langsamen Entwicklung unter der Deckfrucht nicht zum Konkurrenten. Neuerdings gibt es auch schwach wachsende Typen von Weidelgräsern, die bei verringerter Aussaatstärke als Untersaat geeignet sind (Tab. 10).

Tab. 10: Optimale Saatzeiten von Untersaaten

Untersaaten	Optimale Saatzeit	Aussaatmenge kg/ha
Ausdauerndes Weidelgras	Aussaat gemeinsam mit Wintergetreide	10 bis 12
Knautgras	Aussaat gemeinsam mit Wintergetreide	15 bis 20

Wird die Untersaat als Einstieg in eine extensive Rotationsbrache angesehen, so liegen auch hierzu gute Erfahrungen vor. Ohne eine erneute Bestellung entwickelt sich eine stabile, sehr gut schützende Bodendecke, die den Boden auch auf Hängen über 15 % Neigung „festhält“.

Zwischenfrüchte und Untersaaten sind sehr vorteilhaft, weil sie die Bodenbedeckung erheblich erhöhen und über Winter einen sicheren Schutz bieten. Bei der Auswahl sind örtliche Erfahrungen der Landwirte unerlässlich. Besonders günstig erscheinen abfrierende Stoppelfrüchte. Begrenzungen für den Anbau liegen bei Niederschlägen unter 500 mm/Jahr und bei verkürzter Vegetationszeit in Höhenlagen > 350 m über NN vor. Das trifft allerdings nur für Winterzwischenfrüchte, nicht aber für Untersaaten oder abfrierende Stoppelfrüchte zu. Vielfach ist ein Zwischenfruchtanbau nicht notwendig, wenn ausreichend Rückstände der Vorfrucht auf der Bodenoberfläche verbleiben. Wichtig ist die Einhaltung der optimalen Aussattermine. Eine zu zeitige Aussaat führt zu einem zu üppigen Bestand, so daß der Boden im Frühjahr langsamer abtrocknet und die Aussaat der folgenden Hauptfrucht erschwert. Erfolgt die Aussaat zu spät, ist infolge eines zu geringen Aufwuchses mit einem erhöhten Unkrautdruck zu rechnen. Als Zielwert sind 2 t Trockenmasse je ha durch die Zwischenfrüchte anzustreben.

ÜBERSICHT 2: PROBLEME UND LÖSUNGSSTRATEGIEN BEIM ZWISCHENFRUCHTANBAU

Probleme beim Zwischenfruchtanbau

- zusätzlicher Arbeitszeitaufwand sowie Kosten für Zwischenfruchtaussaat und –saatgut (z. B. Phacelia),
- fehlende Arbeitskapazität, da Zwischenfruchtbestellung im Frühherbst i. d. R. zeitlich zusammenfällt mit der Ernte und Neubestellung von Hauptfrüchten,
- Verhinderung der Zwischenfruchtaussaat durch eine verspätete Hauptfruchternte infolge Reifeverzögerung (z. B. in einem regenreichen Spätsommer/Herbst),
- schlechter Feldaufgang infolge Herbsttrockenheit,
- Wasserverbrauch durch Zwischenfrüchte in niederschlagsärmeren Regionen.

Problemlösungen

- Kosten- und arbeitszeitsparende Kombination der Zwischenfruchtaussaat mit der Stoppelbearbeitung (z. B. Grubber mit aufgebauter Säeinrichtung),
- Walzengang nach Aussaat zur Keimförderung (bei trockenen Bedingungen),
- Verzicht auf wasserzehrende Bodenbearbeitungsgänge (z. B. Pflugfurche) vor der Aussaat der Zwischenfrucht,
- Aussaat kostengünstiger Zwischenfrüchte (z. B. Senf, Ölrettich).

4.2 Konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat zur Erhöhung einer schützenden Bodenbedeckung

Konservierende Bodenbearbeitung

Maßnahme	Beschreibung/Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> • Konservierende Bodenbearbeitung ⇒ Mulchsaat • mit Saatbettbereitung für geringe Gefährdung • ohne Saatbettbereitung bei mäßiger und starker Gefährdung 	<p>Einsatz in Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche (abgefrorene Zwischenfrüchte, chemisch/mechanisch behandelte Zwischenfrüchte, Ernterückstände), Wirksamkeit ab Bodenbedeckung von >2t/ha Trockenmasse</p> <p>Ziel: Erhöhung der räumlichen und zeitlichen Bodenbedeckung, Reduzierung der wendenden Bodenbearbeitung, Erhöhung der Bodentragfähigkeit</p>

Unter konservierender Bodenbearbeitung wird im Gegensatz zu konventioneller ein Verfahren verstanden, bei dem die Erhaltung möglichst großer Anteile organischer Rückstände abgeernteter oder abgefrorener bzw. abgetöteter Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche sowohl in den Nachernteperioden und im Winterhalbjahr als auch nach der Aussaat und während der Jugendentwicklung der Folgefrüchte gewährleistet wird. Damit stellt sie ein Schlüsselverfahren der Vorsorge gegen Bodenerosion dar.

Voraussetzungen sind eine Bodenbearbeitung mit nicht wendender Bodenlockerung und Mulchsaat in abgefrorene Rückstände. Unter Mulchsaat versteht man ein Anbauverfahren, bei dem in eine mit abgestorbenen Pflanzen (Zwischenfrüchte) oder Pflanzenresten (Stroh- und Stoppelreste) bedeckte Bodenoberfläche eingesät wird. Die Rückstände werden vor der Hauptfrucht entweder flach eingearbeitet (Mulchsaat mit Saatbettbereitung) oder vollständig auf der Bodenoberfläche belassen (Mulchsaat ohne Saatbettbereitung).

Mulchsaat mit Bodenbearbeitung ist für gering bis mäßig gefährdete Ackerflächen Brandenburgs zulässig, Mulchsaat ohne Saatbettbereitung ist für mäßig bis stark gefährdete Ackerflächen Brandenburgs zu empfehlen.

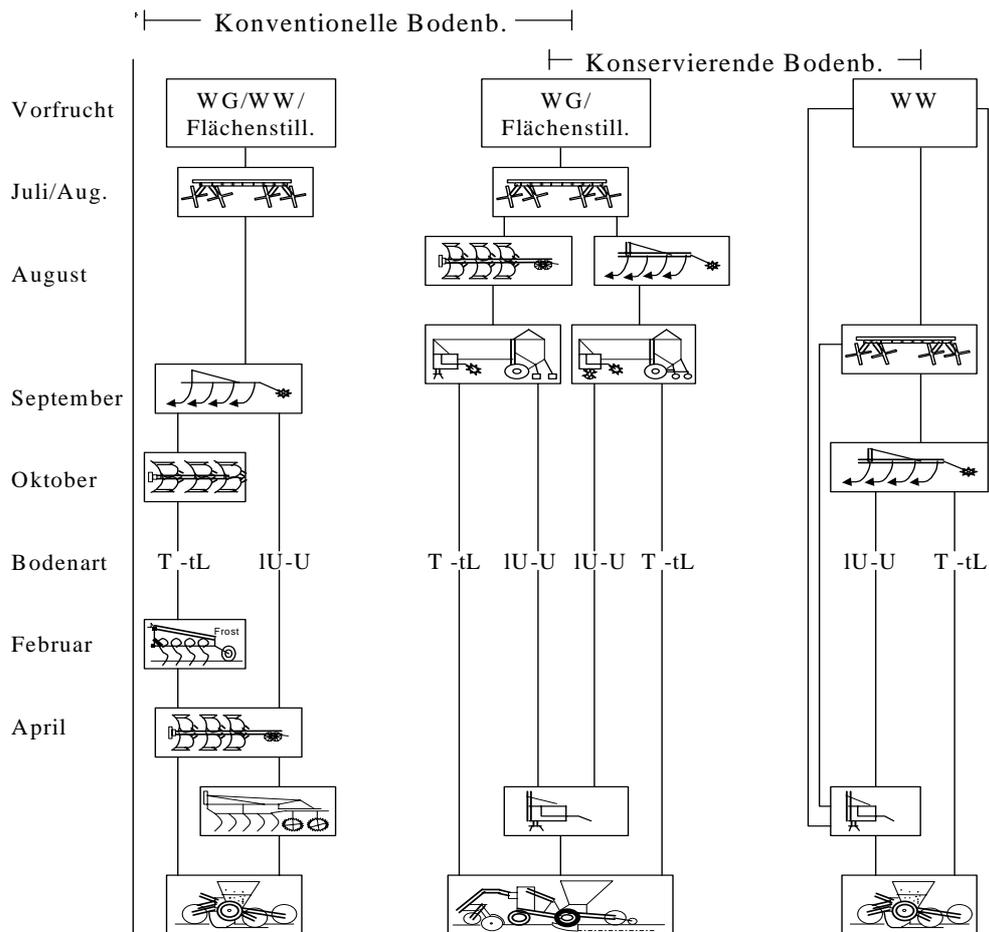


Abb. 40: Geräteinsatz bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung im Jahresverlauf (SOMMER; BRUNOTTE, 1994)

Mulchsaat mit Saatbettbereitung

Hierbei erfolgt vor der Bestellung der Hauptfrucht eine flache Saatbettbereitung, was allerdings zu einer Reduzierung der Bedeckung führt, aber auf vielen Standorten unumgänglich ist. Hier spielen die Erfahrungen der Landwirte eine große Rolle. Mit einer „Zählmethode“ (Kap. 5) kann jederzeit die verbleibende Bedeckungsmasse bestimmt werden, so dass im Sinne der Vorsorge eventuell die Anzahl der Bearbeitungsoperationen reduziert werden kann, wenn es keine Ertragseinbußen gibt.



Abb. 41: Mulchsaat mit Saatbettbereitung bei Mais



Abb. 42: Mulchsaat ohne Saatbettbereitung bei Mais



Abb. 43: Mulchsaat mit Saatbettbereitung bei Zuckerrüben



Abb. 44: Mulchsaat ohne Saatbettbereitung bei Zuckerrüben

Mulchsaat ohne Saatbettbereitung

In den dichten Schutzteppich abgestorbener Zwischenfrüchte werden Fruchtarten mit einer langsamen Jugendentwicklung und breitem Reihenabstand wie Zuckerrüben und Mais mit einer Spezialdrillmaschine, ausgerüstet mit Doppelräumscheiben für die Drillreihen, Schneidscheiben zum Aufschlitzen des Bodens, Säaggregaten und Zudeckscheiben zum Andrücken und Bedecken des Saatgutes sowie Druckrollen, abgelegt.

Die Rückstände bleiben zwischen den Reihen liegen und bieten während der gesamten Vegetationszeit einen hervorragenden Schutz (Abb. 44 u. 44).



Ist der Anbau von Zwischenfrüchten aufgrund ungünstiger Rahmenbedingungen oder fehlender Niederschläge im Betrieb nicht einzuordnen, bieten Stoppelrückstände des abgeernteten Getreides auf der Bodenoberfläche eine praktikable Alternative, die allerdings ein hervorragendes Unkrautmanagement verlangt.

Abb. 45: Stoppelrückstände

Beispiele zur Erhöhung der Bodenbedeckung in ausgewählten Anbaufolgen

Nachfolgend wird an einigen Beispielen gezeigt, wie in übliche Anbaufolgen mit Mais (Körner- und Silomais), Zuckerrüben, Winterraps sowie Kartoffeln als risikoreiche Fruchtarten im integrierten Landbau Maßnahmen zur Erhöhung der Bodenbedeckung eingebaut werden können (EISELE, 2000). Zum ökologischen Landbau liegen bisher keine Ergebnisse hierzu vor.

Fruchtfolge: Silomais - Winterweizen - Wintergerste - Erbsen - Wintergerste

Anbau-jahr	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Maßnahme	
1	WG		ZF - Senf									Silomais		Mulchsaat/Direktsaat Silomais
2	Silomais		Winterweizen										Mulchsaat Winterweizen	
3	WW		Wintergerste										Mulchsaat Wintergerste	
4	WG		ZF - Senf						Erbsen				Mulchsaat/ Direktsaat Erbsen	
5	Erbsen		Wintergerste										Mulchsaat Wintergerste	

Fruchtfolge: Silomais - Winterroggen - Silomais – Leguminosen-Gras-Gemenge

Anbau-jahr	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Maßnahme
1	Leguminosen-Gras-Gemenge								Silomais				Mulchsaat Silomais nach Round up-Einsatz
2	Silomais		Winterroggen										Untersaat Knaulgras in Winterroggen
3	WR	Untersaat						Silomais				Mulchsaat Silomais nach Round up-Einsatz	
4	Silomais		Leguminosen-Gras-Gemenge									Leguminosen-Gras-Gemenge	
5	Leguminosen-Gras-Gemenge												Leguminosen-Gras-Gemenge

Fruchtfolge: Zuckerrüben - Winterweizen - Winterweizen - Zuckerrüben - Triticale

Anbau-jahr	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Maßnahme	
1	Triticale		ZF - Senf, resistent							Zuckerrüben				Mulchsaat /Direktsaat Zuckerrüben
2	Zuckerrüben			Winterweizen									Mulchsaat /Direktsaat Winterweizen	
3	WW		Winterweizen									Mulchsaat Winterweizen		
4	WW		ZF - Senf, resistent						Zuckerrüben				Mulchsaat /Direktsaat Zuckerrüben	
5	Zuckerrüben			Triticale									Mulchsaat / Direktsaat Triticale	

Fruchtfolge: Winterraps - Winterweizen - Wintergerste

Anbau-jahr	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Maßnahme
1	WG	Winterraps											Mulchsaat Winterraps
2	W.Ra	Winterweizen											Mulchsaat Winterweizen
3	WW	Wintergerste											Mulchsaat WG oder Untersaat in WG

Fruchtfolge: Winterraps - Winterweizen - Winterroggen - Erbsen

Anbau-jahr	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Maßnahme	
1	Erbsen	Winterraps											Mulchsaat/ Direktsaat Mais	
2	W.Ra	Winterweizen											Mulchsaat Winterweizen	
3	WW	Winterroggen											Mulchsaat Wintergerste	
4	WR	ZF - Senf								Erbsen				Mulchsaat/ Direktsaat Erbsen

Fruchtfolge: Kartoffeln – Winterweizen (Winterroggen) - Hafer – Wintergerste

Anbau-jahr	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Maßnahme	
1	WG	ZF - Senf								Kartoffeln				ZF vor Kartoffeln
2	Kartoffeln			Winterweizen										Direktsaat Winterweizen (WR)
3	WW	ZF - Senf								Hafer				Direktsaat Hafer
4	Hafer	Wintergerste											Mulchsaat Wintergerste	

ÜBERSICHT 3: PROBLEME UND LÖSUNGSSTRATEGIEN BEI DER KONSERVIERENDEN BODENBEARBEITUNG

Trespen

- intensive Feldkontrolle,
- konsequentes Säubern des Mähreschers vor dem Umsetzen auf andere Acker-
schläge (verhindert die weitere Verbreitung der Trespel),
- Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrucht, da in der Blattfrucht eine Trespelbe-
kämpfung mit Gräserherbiziden problemlos möglich ist,
- Bekämpfung von Trespennestern (z. B. mit einem nichtselektiven Herbizid) in
Getreide bereits vor der Samenbildung, derartige Bereiche sollten zusätzlich beim
Drusch ausgespart werden,
- Feldrandkontrolle und Feldrandhygiene z. B. durch das Mulchen von Feldrändern
bzw. von Ackerrändern beim Auftreten von Trespel als Schutzmaßnahme gegen
das Einwachsen von Trespel auf den Ackerschlag.

Ährenfusariosen

- Anbau wenig fusariumanfälliger Wi.-Weizensorten im gesamten Fruchtfolgever-
lauf, insbesondere nach Maisvorfrucht,
- Lagervermeidung bei Weizen,
- rotteförderndes Häckseln bzw. mechanisches Zerkleinern sowie flaches Einmul-
chen von Maisrückständen (Beseitigung von Fusarium-Infektionsherden),
- Anbau von Sommergetreide (So.-Weizen, So.-Gerste, So.-Triticale) mit intensiver
Stoppelbearbeitung nach der Maisernte im Herbst sowie im Frühjahr (Zeitgewinn
für Maisstroh-Rotteförderung),
- Nachbau von Blattfrüchten nach Mais,
- Verminderung des Maisanteils in der Fruchtfolge,
- "dünnere" Weizenbestände zur Schaffung eines befallshemmenden Mikroklimas,
- Ährenbehandlung bei Weizen.

Schnecken

- kurzes Strohäckseln sowie gleichmäßige Strohverteilung,
- Wechsel zwischen Winter- und Sommerfrüchten mit Abtöten von Ausfallgetreide,
Unkräutern usw. im Herbst (zeitweiser Entzug der Nahrungsgrundlage),
- Beseitigen von Hohlräumen durch Walzen (mit Rauwalzen wie z. B. Prismen-,
Cambridgewalze usw.) nach der Stoppelbearbeitung, Saatbettbereitung und der
Aussaat, Ausbringen von Branntkalk (z. B. vor der Winterweizen- bzw. Triticale-
aussaat),
- Kalkstickstoffdüngung,
- Kontrolle (z. B. durch Auslegen von Schneckenfolie) des "Schneckendrucks",
insbesondere an feuchten Stellen mit grober Bodenstruktur,
- Schneckenkorn bei höherem Schneckenbesatz (Teilflächenbehandlung, genaue
Schadschwelle noch nicht bekannt).

Mäuse

- Förderung der natürlichen Feinde (Greifvögel usw.),
- Grubbereinsatz (Arbeitstiefe > 15 cm) zu Winterraps und Wintergetreide bzw. zu Sommerfrüchten nach Feldkontrolle),
- gute Strohverteilung sowie sorgfältige Stoppelbearbeitung,
- vielgestaltige Fruchtfolge mit häufigem Wechsel zwischen Winter- und Sommerfrüchten mit Abtöten von Ausfallgetreide, -raps sowie Unkräutern im Herbst (Entzug der Futtergrundlage),
- Kontrolle auflaufender Feldbestände mit Ausbringung von Fraßgiften in Mäuselöcher (wichtig: Zutreten der Mäusebaue, da sonst Wiederbesiedlung).

Bodenschonende Bewirtschaftung

Sowohl bei konservierender, aber besonders bei konventioneller Bodenbearbeitung und Bestellung von Hauptfrüchten gewinnen bodenschonende Bearbeitungsverfahren eine besondere Bedeutung. Sie stellen die Voraussetzung für den Erfolg dieser neuen Systeme dar.

Erosionsmindernde Bodenbearbeitung umfaßt:

- termingerechte Bodenbearbeitung
- Boden nicht zu fein bearbeiten, denn eine raue Oberfläche verschlämmt nicht so schnell und bietet einen größeren Abflußwiderstand
- Reduzierung von Fahrspuren auf den Ackerflächen, die eine Reparatur durch wendende Bearbeitung voraussetzen würden.



Abb. 46: Bodenschonende Bewirtschaftung zu Ackerbohnen und Winterweizen (Bearbeitung: Scheiben)

4.3 Erosionsmindernde Flurgestaltung zur Verminderung der Fließstrecken und der Windoffenheit

Maßnahme	Beschreibung/ Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> • Flurneueordnung/ Flurgestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Form u. Größe der Nutzflächen optimieren • Befestigung von Talwegen zur Oberflächenabflussregulierung • Optimierung der Transport- und Fahrstrecken zur Entlastung von Überfahrten
<ul style="list-style-type: none"> • Änderung des Anbauverhältnisses u. der Fruchtarten/ Nutzungsänderung 	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung der Nutzung an potentielle Wasser- u. Winderosionsgefährdung (oberflächenschützende Kulturen statt erosionsfördernde Sommerkulturen, ggf. mehrjährige Futterkulturen, Dauergrünland, Flächenstilllegung, Aufforstung)
<ul style="list-style-type: none"> • Extensivierung durch Stilllegung 	<ul style="list-style-type: none"> • Stilllegung auf stark gefährdeten Teilflächen zur Verkürzung der Einzugsgebieten
<ul style="list-style-type: none"> • Wege- u. Straßenbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Ableitung an Verkehrswesen, um Sammelwirkung zu verringern (Kanalisation, funktionsfähige Gräben, Neigung bergseitig, ausreichende Zufahrt- u. Wendemöglichkeiten) • Erschließung quer zur Fließ- u. Hauptwindrichtung, Anpflanzung von Windhindernissen an den Trassen und quer zur Hauptwindrichtung

Die Unterteilung von geneigten Ackerschlägen mit großen Hanglängen z. B. durch querlaufende Wege und Gebüschstreifen mit Gräben verzögert den Wasserabfluss bzw. sorgt für die schadhlose Wasserableitung zur Seite hin. Durch entsprechend gestaltete Windschutzstreifen wird der Bodenverlagerung durch Wind entgegengewirkt. Flurneueordnungsmaßnahmen wie z. B. die Anlage von Flurgliederungselementen (Hecken, bepflanzte Wege usw.), eine neue Ackerschlaggestaltung für eine gefahrlose Hangquerbearbeitung usw. tragen damit zur Erosionsminderung bei.

ÜBERSICHT 4: PROBLEME UND LÖSUNGSSTRATEGIEN BEI EROSIONSMINDERNDER FLURGESTALTUNG

Verzögerte Wirksamkeit

- Neuanpflanzungen benötigen mehrere Jahre bis zur Wirksamwerdung. Daher kann nur eine Kombination mit Maßnahmen zur Erhöhung der Bodenbedeckung auf den Ackerflächen selbst von Vorteil sein.

Hohe Kosten

- Flurgestaltungsmaßnahmen können stets nur eine sehr wirksame Ergänzung der acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen sein und müssen mittel- bis langfristig geplant werden. Sie können die Risiken auf den Ackerflächen nur in Ausnahmefällen vermindern.

Eigentumsverhältnisse

- Flurneueordnungsverfahren erfordern umfangreiche Abstimmungen zwischen Landbesitzern, Flächennutzern bzw. Landpächtern usw.. In Brandenburg ist der überwiegende Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen verpachtet. Damit sind Flächennutzer und Flächenbesitzer oftmals nicht identisch, was die Planungsarbeit zusätzlich erschweren und verzögern kann.

Daher stehen acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen der Vorsorge gegen Bodenerosion immer an bevorzugter Stelle.

5 PLANUNGSGRUNDLAGEN UND -METHODEN ZUR ERARBEITUNG VON BODENSCHUTZKONZEPTEN MIT DEM ZIEL DER VERMINDERUNG DER WASSER- UND WINDEROSION

5.1 Vorhandene Planungsunterlagen und Datenbeschaffung

Folgende Karten und Datenquellen sind verfügbar:

Topographische Karten	verschiedene Maßstäbe	Landesvermessungsamt Brandenburg
Bodenschätzungskarten	1: 25.000 und 1:10.000	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Staatsbibliothek zu Berlin
Hangneigungskarten	1:10.000 (schrittweise durch digitale Höhenmodelle ersetzen)	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung	1:100.000	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Geologische Karten	1: 200.000, 1:48.000 und 1:25.000	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Landesvermessungsamt Brandenburg
Luftbildaufnahmen	1:10.000 (Luftbildkarten, Digitale Orthophotos)	Landesvermessungsamt Brandenburg
Entzerrte Einzelluftbilder	verschiedene Maßstäbe	Landesvermessungsamt Brandenburg
Luftbildaufnahmen	1:10.000 (aktuelle Befliegung zur Biotopkartierung 1991)	Landesumweltamt Brandenburg
Biotop- und Nutzungstypenkartierung	1:10.000	Landesumweltamt Brandenburg
Grundlagenkarte Landwirtschaft	1:10.000 (nicht flächendeckend erhältlich)	Betriebe, Landwirtschaftsämter
Historische topographische Karten	(nicht flächendeckend vorhanden)	Landesvermessungsamt Brandenburg
Geographische Informationssysteme des Landes Brandenburg		Landesvermessungsamt Brandenburg
Digitale Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung		Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Digitale Biotoptypenkarte		Landesumweltamt Brandenburg
Digitalisierte Karten, Digitalisierte Geländehöhenmodelle	DGM25, DGM48	Landesvermessungsamt Brandenburg

Landesvermessungsamt Brandenburg Dienstort Potsdam Heinrich-Mann-Allee 103 14473 Potsdam Dienstort Frankfurt (Oder) Robert-Havelmann-Straße 2 15036 Frankfurt (Oder)	Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg - Kleinmachnow Stahnsdorferdamm 77 14512 Kleinmachnow Aussenstelle Frankfurt/Oder Müllroser Chaussee 49 15036 Frankfurt (Oder)
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Stilleweg 2 30653 Hannover Aussenstelle Berlin Wilhelmstraße 25-30 13573 Berlin	Landesumweltamt Brandenburg Zentralabteilung: Landesumweltbibliothek Abt. Naturschutz Michendorfer Chaussee 114 14473 Potsdam
Staatsbibliothek zu Berlin Preußischer Kulturbesitz Kartenabteilung 10102 Berlin	

5.2 Planungsmethoden - Bewertung der Wasser- und Winderosion am Beispiel des Einzugsgebietes des Batzlower Mühlenfließes

Charakteristik der Landschaft

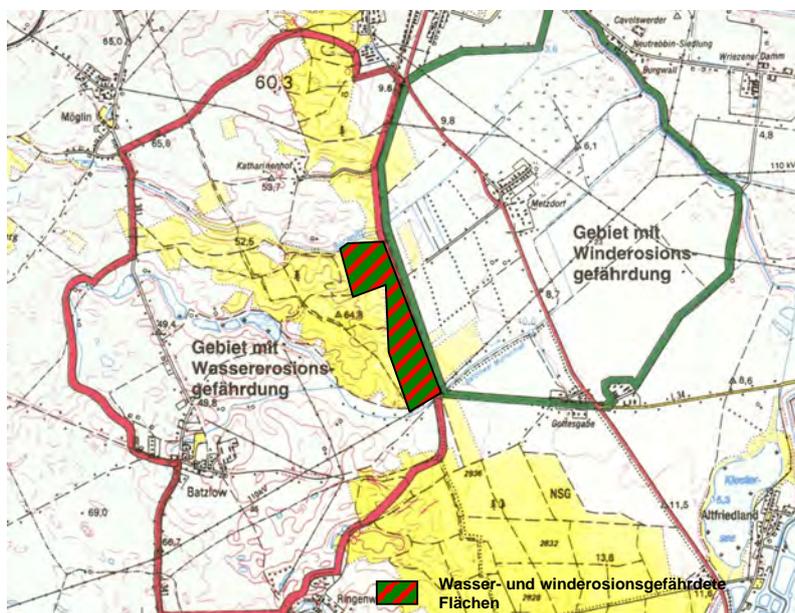


Abb. 47: Wasser- und winderosionsgefährdete Gebiete des Einzugsgebietes „Batzlower Mühlenfließ“

Das Batzlower Mühlenfließ mit einer Einzugsgebietsgröße von 1712 ha befindet sich in Ostbrandenburg zwischen dem südlich liegenden Naturpark „Märkische Schweiz“ und dem nach Nordosten angrenzenden Oderbruch. Diese Landschaft wurde hauptsächlich durch die Weichselvereisung im Brandenburger Stadium vor 25.000 Jahren geformt.

Das westliche Gebiet ist durch eine hügelig wellige Grundmoränenlandschaft geprägt, in die mehrere kleine Seen und Mulden eingesenkt sind. Es herrschen Sande und lehmige Sande vor. Hier besteht ein Risiko durch Wassererosion.

Der östliche Teil stellt eine großflächig ebene Fläche dar mit einem durch Meliorationsmaßnahmen abgesenkten Grundwasserspiegel, was zu einer Destabilisierung der Bodenoberfläche geführt hat. Die Böden im Randbereich der Oderniederung sind in diesem niederschlagsarmen Gebiet (470 mm Jahresniederschlag) durch Winderosion bedroht.

Es liegt also eine Zweiteilung des Gebietes vor, im Oberlauf - Gefährdung durch Wassererosion und im Unterlauf - Gefährdung durch Winderosion.



Abb. 48: Wassererosionsgefährdete Fläche im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“



Abb. 49: Winderosionsgefährdete Fläche im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“

Begründung einer erosionsvermindernden Schutzstrategie für das Einzugsgebiet

Die in diesem Gebiet vorherrschenden anhydromorphen Braunerde-Braunpodsol-Bodengesellschaften sind durch mehr als 248 jährige land- und forstwirtschaftliche Nutzung stark beeinflusst worden. Folgen sind großflächige Bodenverdichtungen in Kombination mit lokaler Humusverarmung sowie Strukturschäden und dadurch die Zunahme der Wasser- und Winderosion.

Das Batzlower Mühlenfließ ist in der Regionalplanung als Landschaftsschutzgebiet vorgesehen. Der Schutz des Bodens und der Gewässer erfordert, die landwirtschaftlich genutzten Flächen entsprechend einer ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Bodennutzung zu bewirtschaften.

Voraussetzungen dazu sind die Bewertung des standortspezifischen Gefährdungspotentials (potentielle Erosionsgefährdung), der aktuell bevorzugten Transportwege sowie der Schutzwirkung von Landnutzungssystemen (tatsächliche Erosionsgefährdung). Daraus können Handlungsempfehlungen für eine angepaßte Landnutzung abgeleitet werden.

Schrittfolge zur Bewertung wasser- und winderosionsbedingter Stoffeinträge für das Einzugsgebiet des Batzlower Mühlenfließes

Die für die Erarbeitung von Boden- und Gewässerschutzkonzepten notwendigen Arbeitsschritte zur Abschätzung der potentiellen und tatsächlichen Wassererosionsgefährdung sowie der Bewertung der eingetretenen Veränderungen oder Schäden sind in Abb. 50 dargestellt.

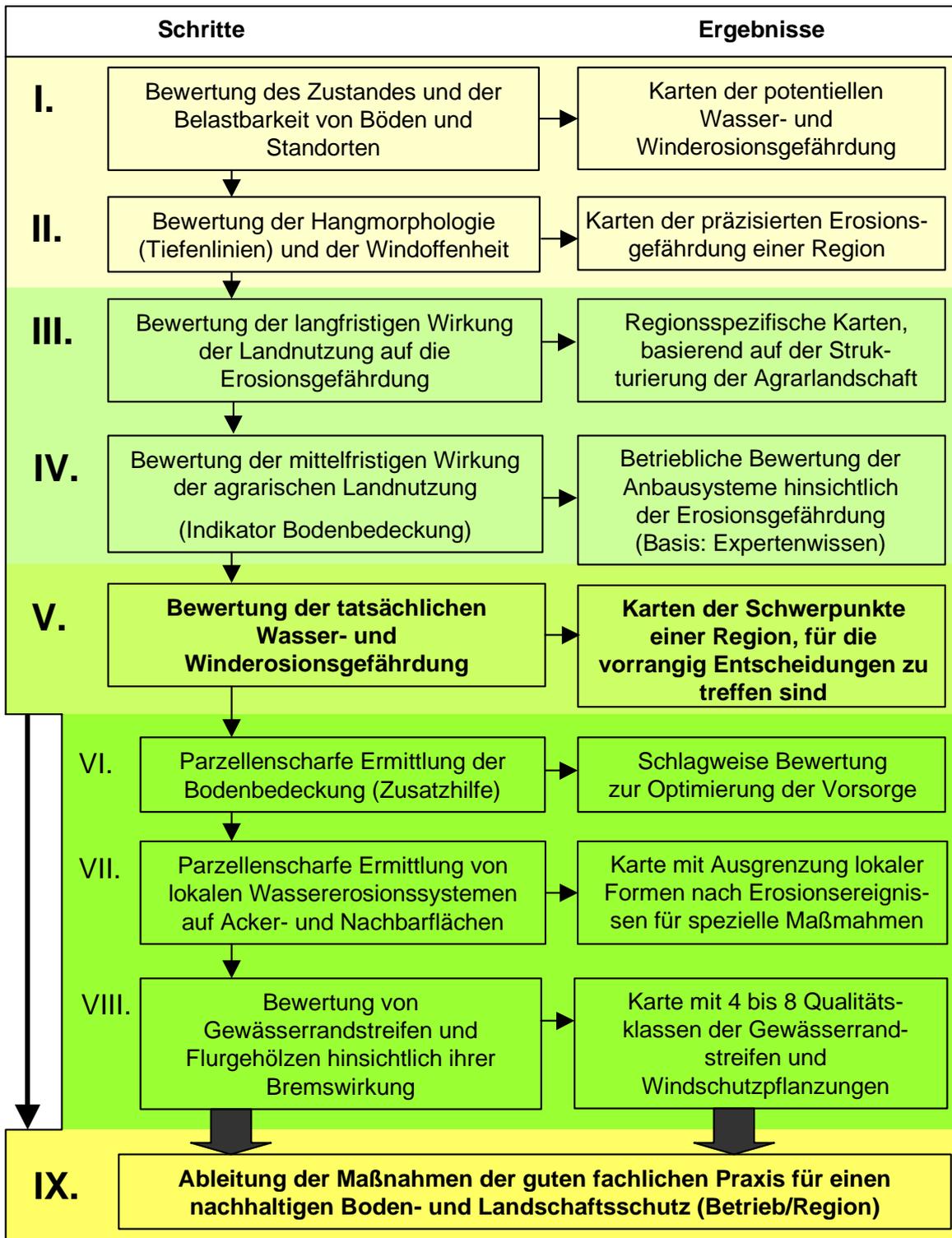


Abb. 50: Arbeitsschritte zur Bewertung der potentiellen und tatsächlichen Wasser- und Winderosionsgefährdung zur Ableitung von Schutzkonzepten

SCHRITT I: METHODE ZUR PARZELLENSCHARFEN BESTIMMUNG DER POTENTIELLEN WASSER- UND WINDEROSIONSGEFÄHRDUNG FÜR TEILFLÄCHEN (SCHLÄGE)

Um die Bewirtschaftung an das Risiko anpassen zu können, besteht die Notwendigkeit der Einschätzung der potentiellen Erosionsgefährdung für jeden einzelnen Schlag oder noch kleinere Teilflächen.

Die Bestimmung der potentiellen *Wassererosionsgefährdung* erfolgt durch die Verknüpfung der Bodenartengruppen der Bodenschätzungskarten (1:10.000) mit den Hangneigungsgruppen der Hangneigungskarten nach FLEGEL (1:10.000).

Folgende Vorgehensweise wird gewählt:

1. Schlagweise Einschätzung der Anteile an den Bodenarten und Ableitung der vorherrschenden Bodenart für den Schlag oder die Teilfläche.
2. Schlagweise Einschätzung der prozentualen Anteile der Hangneigungsgruppen für den einzelnen Schlag und Berechnung der Hangneigung für den Schlag oder die Teilflächen.
3. Verknüpfung der Bodenarten mit den Hangneigungsgruppen entsprechend der Matrix zur Bestimmung der potentiellen Wassererosionsgefährdung auf der Basis der Bodenschätzung (Tab. 11, Abb. 51).

Die Verwendung der Hangneigungskarten nach FLEGEL ist wegen ihrer Ungenauigkeit nur solange zu nutzen, bis die genaueren topographischen Karten digitalisiert vorliegen und dann Hangneigungsgruppen abgeleitet werden können. In Zukunft können die Informationen aus den Fachinformationssystemen Boden entnommen werden.

Tab. 11: Matrix zur Bestimmung der potentiellen Wassererosionsgefährdung auf der Basis der Bodenschätzung

		Hangneigungsgruppen						
		0 < 4 % < 2 °	1 4...9 % 2...5 °	2 9...11 % 5...6 °	3 11...14 % 6...8 °	4 14...18 % 8...10 °	5 18...23 % 10...13 °	>=6 >23 % >13 °
Bodensubstrat mit Angabe der Korngrößen < 0,0063 mm	Bodenarten-gruppen							
Ton; > 38 %	Ton (uT, sT, IT, T)	0	1	1	2	2	3	4
Sand; ≤ 7 %	Sand (S)	0	1	2	2	3	4	5
Lehm- u. Schlufflehm; > 25...≤ 38 %	Sandiger Lehm (sL) Schluff (U, IU, UL)	0	2	3	3	4	4	5
lehmige Sande u. sandige Lehme; > 7...≤ 25 %	Lehmsand (uS, SI, SL, IS)	0	2	3	4	4	5	5

0	keine Gefährdung	1	sehr geringe Gefährdung
2	geringe Gefährdung	3	mäßige Gefährdung
4	starke Gefährdung	5	sehr starke Gefährdung

Die Bewertung der potentiellen *Winderosionsgefährdung* erfolgt durch die Verknüpfung des Substratflächen- und Hydromorphieflächentypes auf der Basis der unter Punkt 3.2 im Kapitel 3 dargestellten Matrix.

Für das Einzugsgebiet des Batzlower Mühlenfließes kann danach die in Abb. 52 dargestellte Verteilung der winderosionsgefährdeten Flächen abgeleitet werden.

Datengrundlage und Beschaffung:
 Bodenschätzungskarten
 Hangneigungskarten
 Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

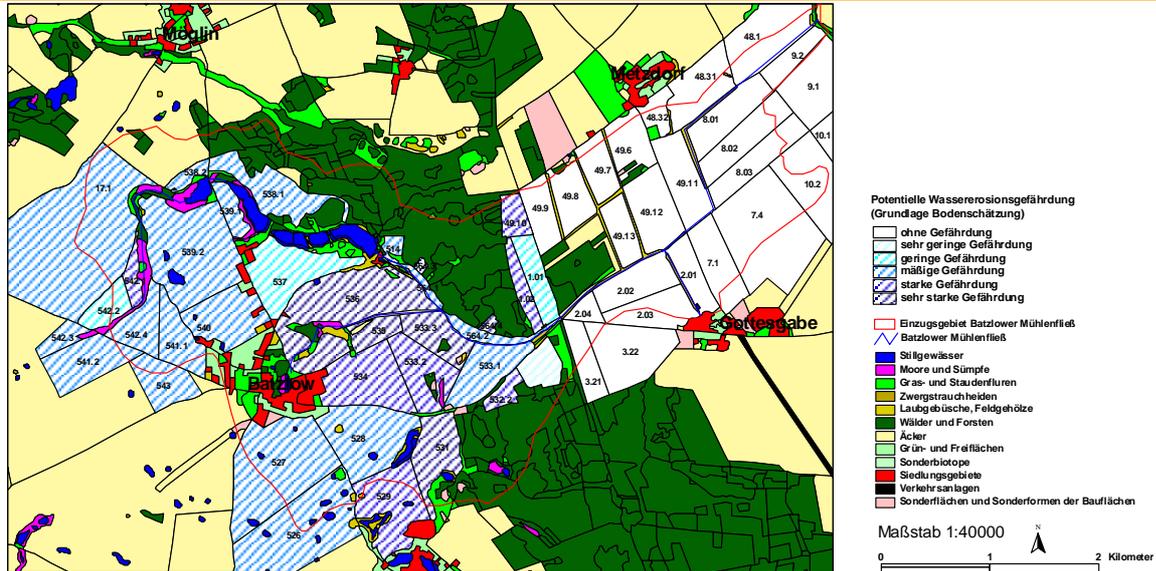


Abb. 51: Potentielle Wassererosionsgefährdung im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“

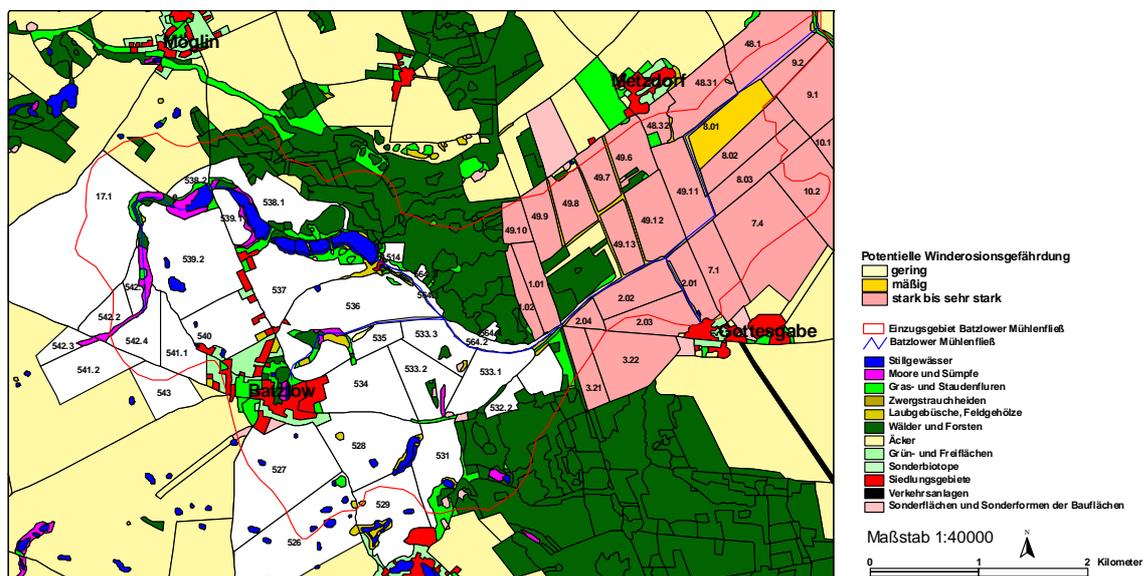


Abb. 52: Potentielle Winderosionsgefährdung im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“

SCHRITT II: BEWERTUNG DER HANGMORPHOLOGIE UND DER WINDOFFENHEIT

Um die potentielle *Wassererosionsgefährdung* zu präzisieren, werden die potentiellen Erosionspfade (Talwege) bestimmt (Kap. 3.1). Die Bestimmung der Talwege erfolgte auf der Basis von großmaßstäbigen Topographischen Karten. Aus den großmaßstäbigen

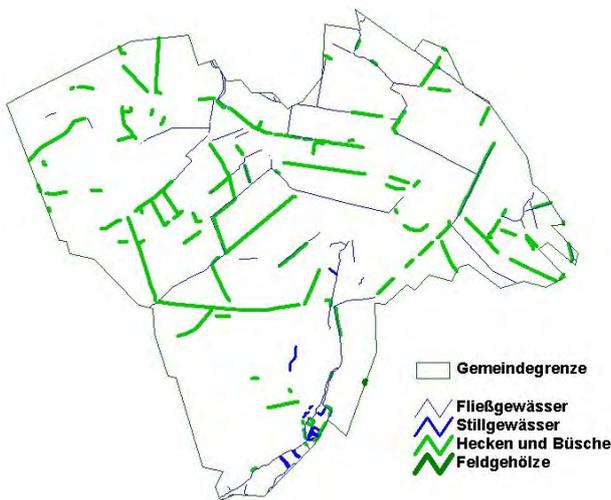
Karten sind die besonders ausgeprägten Talwege anhand der Höhenlinien zu erkennen (Abb. 53).



Die Gebietsanalyse mit diesem Verfahren ist geeignet, im Vorfeld von Detailuntersuchungen und Planungen potentielle lineare Erosionsschwerpunkte zu bestimmen. Die Anwendung dient als Werkzeug bei der Suche von Problemgebieten.

Abb. 53: Beispiele für Talwege im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“ (Quelle: Landesvermessungsamt Brandenburg)

Datengrundlage und Beschaffung:
 ⇒ Topographische Karten
 Landesvermessungsamt Brandenburg

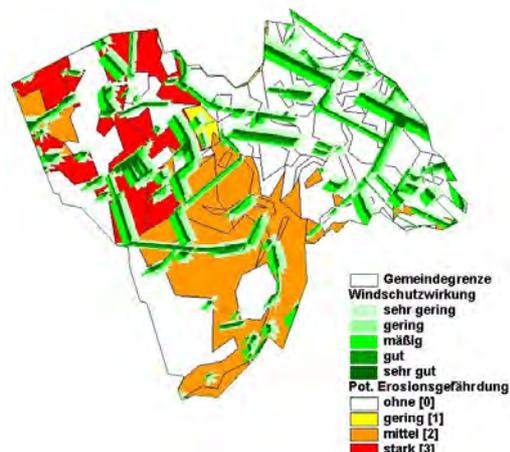


Die Bewertung der Windoffenheit und der Wirksamkeit vorhandener Windschutzpflanzungen basiert auf den Angaben der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung für das Land Brandenburg (Abb. 54).

Hierin sind alle flächen- und linienhaften Landschaftselemente enthalten. Jedem Element wurde entsprechend seiner Beschreibung in der Kartierung eine Höhe zugeordnet.

Abb. 54: Strukturelemente innerhalb der Ackerflächen des Batzlower Mühlenfließes (Gemeinde Neutrebbin)

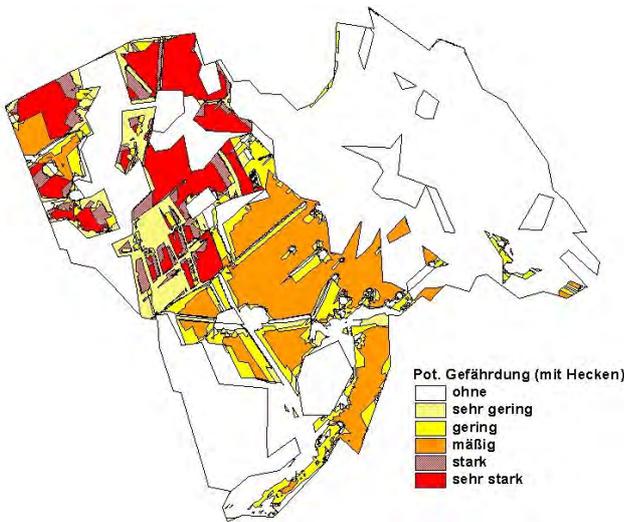
Da der Schwellenwert für die Winderosion auf Sandböden bei ca. 8 m/s liegt, wurden die Häufigkeiten von Windgeschwindigkeiten über diesem Wert für acht Richtungen bestimmt (N, NO, O usw.). Für jede Windrichtung wurde der Schutzbereich vor und hinter jedem Landschaftselement berechnet und dargestellt. Dabei gilt vor jedem Element ein Schutzbereich, der dem 5fachen der Höhe, und hinter jedem Element ein Schutzbereich, der dem 25fachen der Höhe entspricht. Der Einfluss der einzelnen Windrichtung ergibt sich aus der Relation der Häufigkeit dieser Richtung zu allen Winden über 8 m/s. Die Wirksamkeit einer Hecke ergibt sich somit aus ihrer Höhe und ihrer Ausrichtung zu den vorherrschenden Windrichtungen. Die Schutzwirkung wurde in 5 Klassen eingeteilt, von *sehr gering*, *gering*, *mäßig*, *gut* bis *sehr gut*.



Die Schutzwirkung wurde in 5 Klassen eingeteilt, von *sehr gering*, *gering*, *mäßig*, *gut* bis *sehr gut*.

Abb. 55: Schutzbereiche der Windschutzhecken

Abb. 55 zeigt beispielsweise die Schutzbereiche aller Windschutzhecken im Untersuchungsgebiet zusammen mit der in Schritt I ermittelten potentiellen Gefährdung. Es zeigt sich, dass hier nur eine geringe Wirksamkeit der Hecken gegeben ist, weil ihre Ausrichtung zur Hauptwindrichtung ungünstig ist und zu wenige Hecken vorhanden sind.



Die Überlagerung der mit Schritt I ermittelten potentiellen Winderosionsgefährdung mit den Ergebnissen der Bewertung der Windschutzhecken im Gebiet Neutrebbin ist in der folgenden Abbildung dargestellt (Abb. 56). Durch diese Präzisierung kann der Anteil tatsächlich gefährdeter Fläche parzellenscharf bestimmt werden.

Abb. 56: Potentielle Winderosionsgefährdung mit Einbezug der Windschutzhecken

Datengrundlage und Beschaffung:
 ⇒ Biotop- und Nutzungstypenkartierung
 ⇒ Digitale Biotoptypenkarte
 Landesumweltamt Brandenburg

SCHRITT III: BEWERTUNG DER LANGFRISTIGEN WIRKUNG DER LANDNUTZUNG AUF DIE EROSIONSGEFÄHRDUNG



Hier erfolgt die Ermittlung der Wald-, Grünland- und Ackerlandverteilung unter Nutzung von Satelliten-, Luftbildern, Topographischen Karten oder Biotop- und Nutzungstypenkarten.

Abb. 57: Wald- und Ackerverteilung (Color-Infrarot-Luftbild)

Datengrundlage und Beschaffung:
 ⇒ Topographische Karten
 ⇒ Luftbildkarten, Digitale Orthophotos, entzerrte Einzelluftbilder
 ⇒ aktuelle Befliegung zur Biotopkartierung, Biotop- und Nutzungstypenkartierung
 Landesvermessungsamt Brandenburg
 Landesumweltamt Brandenburg

SCHRITT IV: BEWERTUNG DER MITTELFRISTIGEN WIRKUNG DER AGRARISCHEN LANDNUTZUNG

Für ein Untersuchungsgebiet müssen die angebauten Fruchtarten aufgenommen werden. Anschließend erfolgt die Einschätzung der angebauten Fruchtarten hinsichtlich ihrer Schutzwirkung aufgrund der Bodenbedeckung (Kapitel 3). Mit dieser Methode ist die potentielle Bewertung der Fruchtarten bzw. Anbaufolgen hinsichtlich ihrer Schutzwirkung durch Bodenbedeckung möglich.

Das Ergebnis für das Beispielsgebiet ist in Abbildung 58 dargestellt.

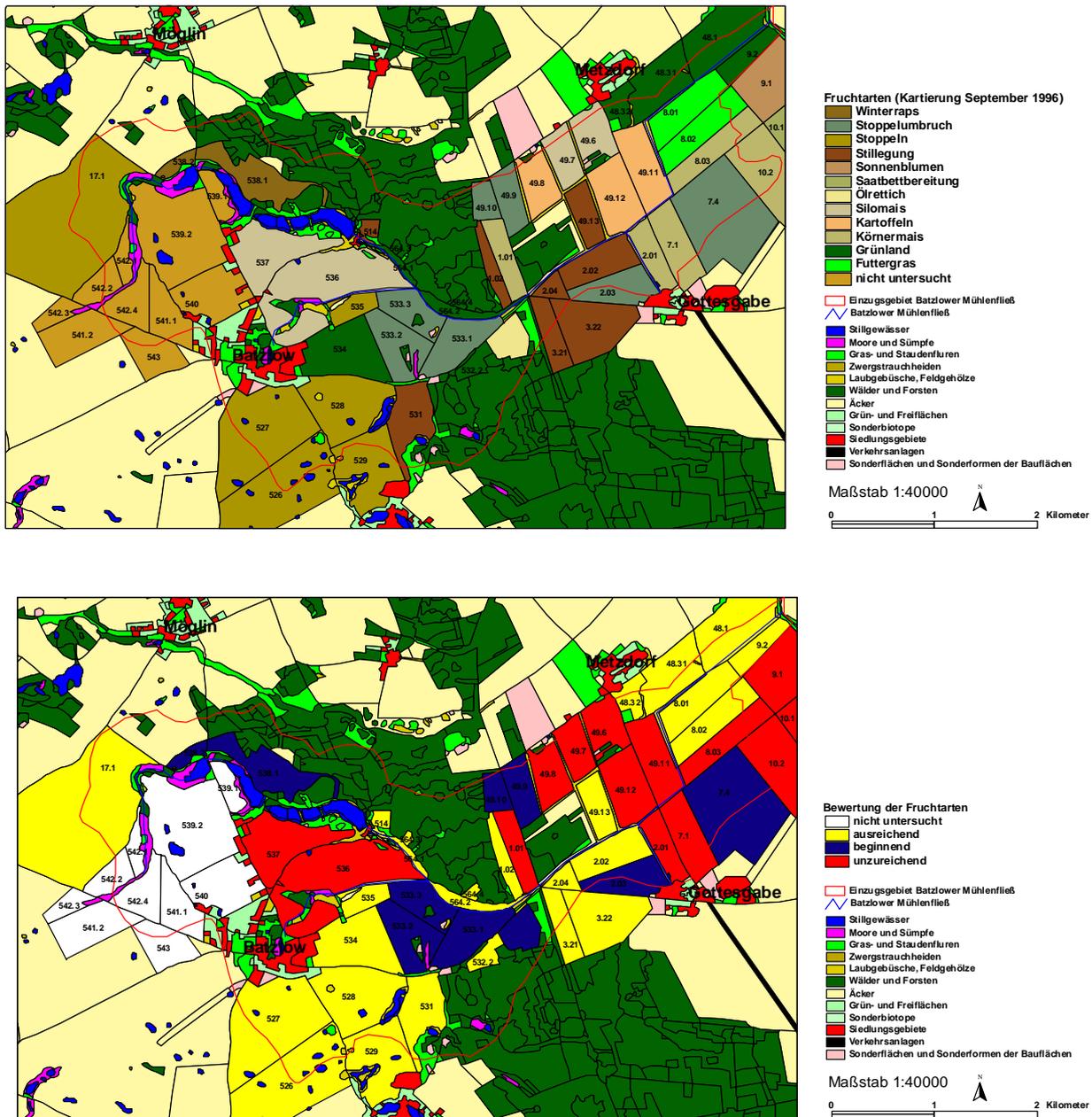


Abb. 58: Einschätzung der Fruchtarten hinsichtlich ihrer Schutzwirkung vor Bodenerosion im Untersuchungsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“

SCHRITT V: BEWERTUNG DER MITTELFRISTIGEN TATSÄCHLICHEN WASSEREROSIONSGEFÄHRDUNG

Die Verknüpfung der potentiellen Wassererosionsgefährdung und der Schutzwirkung durch die angebauten Fruchtarten erfolgt entsprechend der in Kapitel 3 dargestellten Matrix (Tab. 8).

Abbildung 59 zeigt die tatsächliche Wassererosionsgefährdung für die Flächen des Batzlower Mühlenfließes.

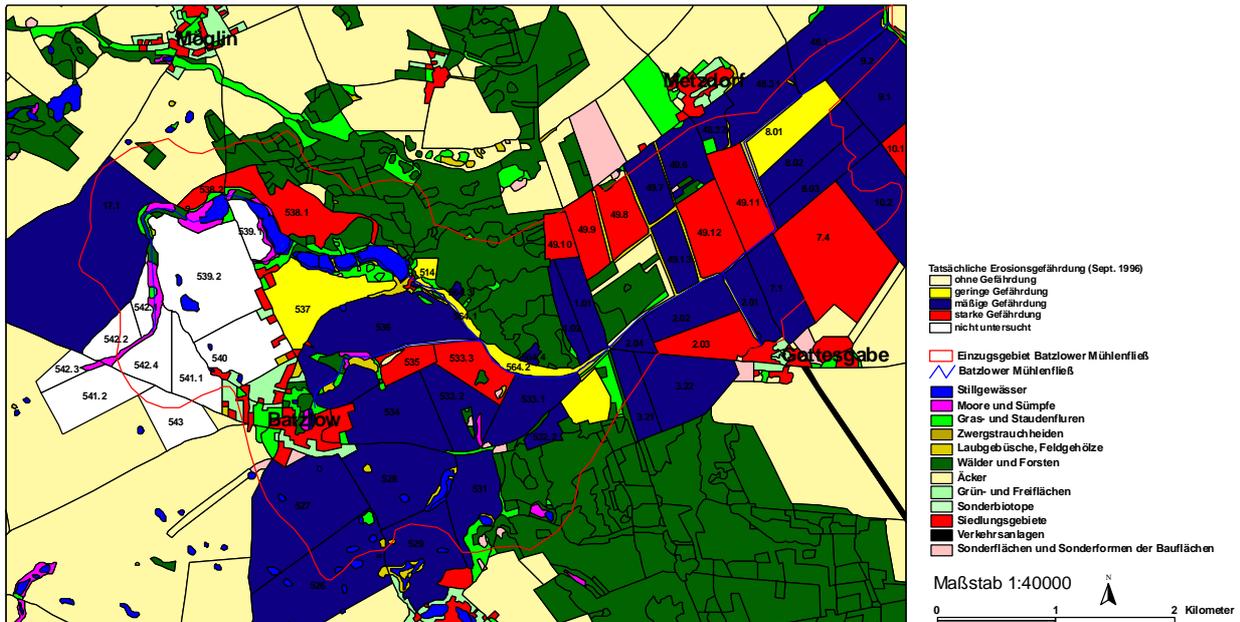


Abb. 59: Tatsächliche Wassererosionsgefährdung im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“

Mit der Bestimmung der tatsächlichen Wassererosionsgefährdung werden Flächen aufgezeigt, auf denen sich eine direkte Indikation anschließen sollte.

SCHRITT VI: PARZELLENSCHAFTRE ERMITTLUNG DER BODENBEDECKUNG

Abgeleitet aus dem jährlich wechselnden Anbauverhältnis und aus dem Bewirtschaftungsmanagement für die einzelnen Fruchtarten ergibt sich zwischen den Jahren und innerhalb eines Jahres eine wechselnde aktuelle Gefährdung.

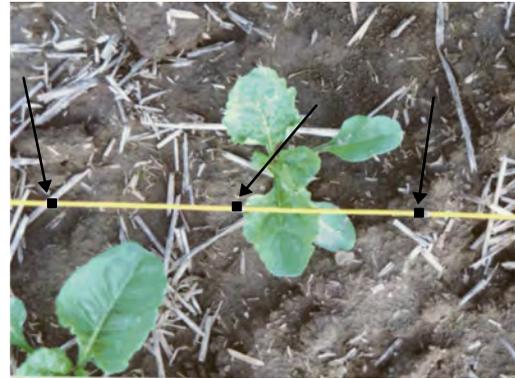
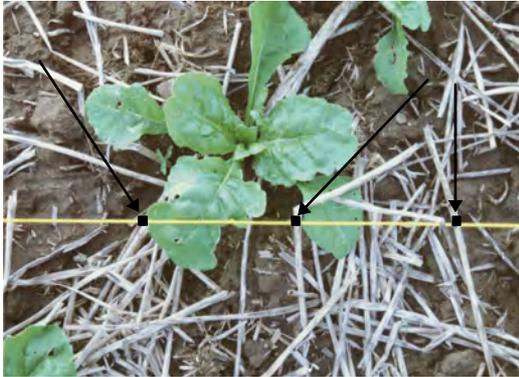
Die Bestimmung der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Bodenbedeckung stellt einen Schlüsselfaktor zur Bewertung der aktuellen Erosionsgefährdung in potentiell wassererosionsgefährdeten Gebieten dar, da einerseits gute Erkennungsmethoden mittels verschiedener Hilfsmittel möglich sind und andererseits dieser Faktor in Landnutzungssystemen gesteuert werden kann.

Eine einfach zu handhabende Methode ist die „Zählmethode“:

Die Datenaufnahme erfolgt mittels einer 15 m langen Leine. Diese Leine wird mit Hilfe von Markierungen in 100 gleich große Abschnitte geteilt. Die so vorbereitete Leine spannt man diagonal zu den Reihen auf dem zu untersuchenden Feld, geht an ihr entlang und zählt die Schnittpunkte von Pflanzenteilen, die die Markierungen schneiden. Dabei ist darauf zu

achten, daß die Pflanzenteile größer als 3 mm sind und die Markierungen vollständig geschnitten werden (Abb. 60).

Die Anzahl der Wiederholungen richtet sich nach der Größe des zu untersuchenden Feldes. Bei einer Größe bis zu 10 ha werden 15 Wiederholungen empfohlen, bei einer Größe > 10 ha 25 Wiederholungen. Die Wiederholungen sind so über das Feld zu verteilen, daß die größte Feldlänge erfaßt wird.



Gezählte Pflanzenteile

Pflanzenteile werden nicht gezählt

Abb. 60: Vorgehensweise bei der Zählmethode

Vor- und Nachteile

- einfache praxisnahe Methode zur Bestimmung der aktuellen Bodenbedeckung
- durch die Länge der Leine werden verschiedene Bedeckungszustände auf dem Acker erfasst (Fahrspuren, unterschiedlich dichte Vegetation oder Rückstände), so dass eine subjektive Auswahl der Testfläche weitgehend vermieden wird
- bei höheren Beständen (ab ca. 40 cm) zunehmende Unterschätzung des Bedeckungsgrades

SCHRITT VII: PARZELLENSCHARFE ERMITTLUNG VON WASSEREROSIONSSYSTEMEN

Notwendigkeit einer Schadenskartierung

Durch Aufnahme von sichtbaren Wassererosionsformen mittels Schadenskartierung erfolgt die Präzisierung der tatsächlichen Erosionsgefährdung. Da die Boden- und Schadstofftransporte durch Wassererosion auf den strukturarmen Sand-, lehmigen Sand- und sandigen Lehmböden vorrangig linear und nicht flächenhaft erfolgen, ist eine Prognose der aktuellen Einträge in angrenzende Gewässer oder Ökotope nur über eine Kartierung möglich.

Vorgehensweise beim Kartieren

- Die Kartierung erfolgt nach der Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen, erarbeitet vom Fachausschuß „Bodenerosion“ des DVWK (1996). Eine standortspezifische Untersetzung und Modifizierung der Kartieranleitung ist möglich.

- Kartiert wird zum Ausgang niederschlags- und schneereicher Winter und nach Niederschlägen mit hoher Intensität oder mehr als 10 bis 20 mm Menge auf potentiell gefährdeten, gewässernahen Flächen mit unzureichender Bodenbedeckung.
- Erfassung aktueller Erosionserscheinungen (Festhalten des Zustandes zum Zeitpunkt der Kartierung) der Erosionsformen Bodenablösung, Bodentransport, Akkumulation und Austrag. Abgetragener, umgelagerter und aufgetragener Boden wird in Form von Längen-, Flächen- und Raummaßen erfaßt.

Ausgewählte Erosionsformen

In den folgenden Abbildungen 61-65 werden ausgewählte Erosionsformen und die entsprechenden Symbole, die durch die Kartieranleitung vorgegeben sind, dargestellt.

Formen im Bereich des Abtragsbeginns (Ablösung)



Abb. 61: Flächenhafte Bodenverlagerung in Gefällerrichtung (flächenhafte Abspülung)

Formen im Verlauf der Erosion (Transport)

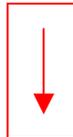


Abb. 62: Flächenhaft parallele lineare Abtragsform



Abb. 63: Lineare Abtragsformen
a: Rinne (Tiefe 10- 40 cm)

b: Graben (Tiefe >40 cm)

Weiterhin können die Kartierergebnisse unter Verwendung der in der Kartieranleitung vorgegebenen Symbole in digitalisierten Karten unterschiedlichen Maßstabes dargestellt werden.

Im großmaßstäbigen Bereich (Kartiermaßstab 1:2.000 bzw. 1:5.000) ist es möglich, ein einzelnes Erosionssystem genau zu beschreiben und deren Lage in der Karte zu bestimmen. Dies ist insbesondere zur Aufnahme konkreter Schadensfälle notwendig. In mittel- und kleinmaßstäbigen Karten (1:25.000 und kleiner) werden der Verlauf der Erosion, die Anzahl der Erosionssysteme und die betroffenen Areale wie Fließgewässer, Standgewässer, Feuchtbiotope und Schutzgebiete dargestellt.

Mit Hilfe der Schadenskartierung ist es möglich, die Art und räumliche Verteilung der Erosionsschäden zu bestimmen. Bei wiederholter Kartierung über mehrere Jahre sind Aussagen über die Erosionsanfälligkeit eines Standortes (weniger betroffene Gebiete und Schadensschwerpunkte) (Abb. 67) möglich.

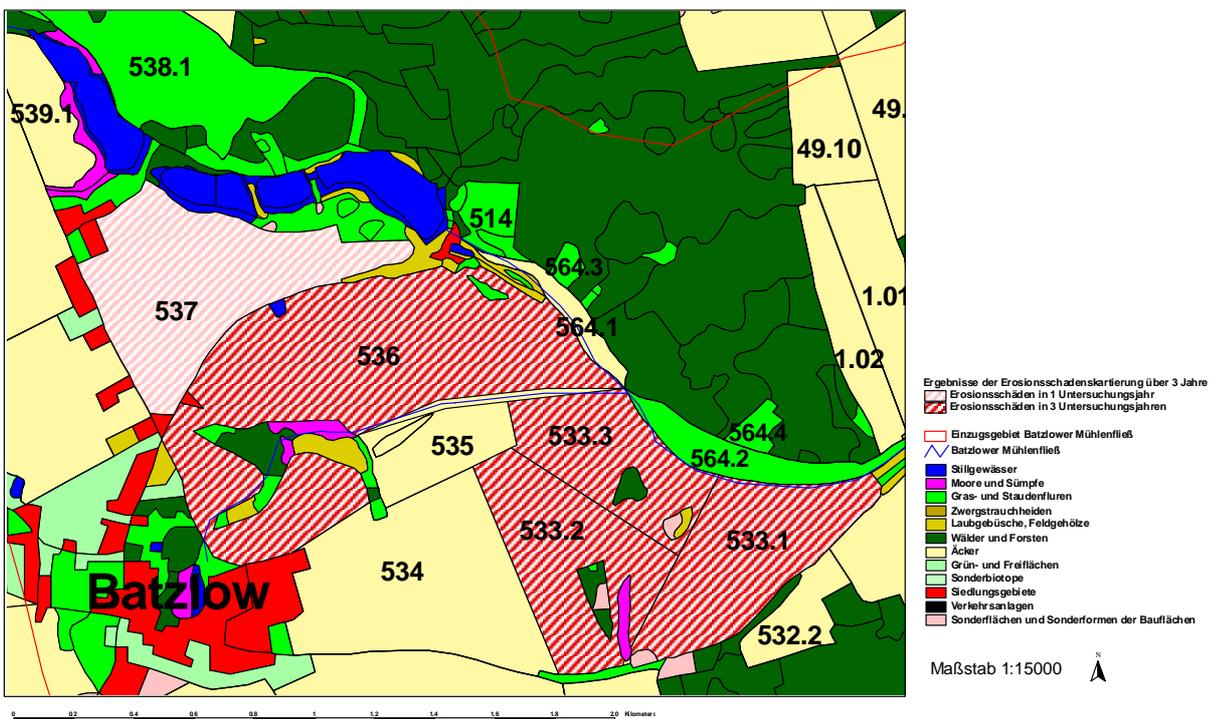


Abb. 67: Ergebnisse einer Erosionsschadenskartierung über 3 Jahre im Einzugsgebiet "Batzlower Mühlenfließ" (Auszug)

SCHRITT VIII: BEWERTUNG VON GEWÄSSERRANDSTREIFEN UND FLURGEHÖLZEN HINSICHTLICH IHRER BREMSWIRKUNG

Gewässerrandstreifenkartierung

Notwendigkeit einer Kartierung

Im Gesamtkomplex Reduzierung der diffusen Stoffeinträge ist die Einrichtung von Gewässerrandstreifen sowie deren Erhaltung und Pflege eine mögliche Maßnahme.

Die Filterstreifen- bzw. -bereiche können durch ihre hohe Infiltrationskapazität oberflächige Abflüsse nach mäßigen Niederschlägen und die flächenhafte Abschwemmung von Bodenbestandteilen, Nährstoffen und Rückständen von Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer vermindern. Sie üben aber in der Regel nur eine Bremswirkung für gröbere Sedimentteilchen aus.

Die Erfahrungen bei der Anlage von Gewässerrandstreifen in anderen Bundesländern zeigen klar, daß ihre Wirksamkeit von der Anpassung der Ausstattung und Bemessung an die tatsächliche Erosionsgefährdung abhängt.

Im Interesse eines wirksamen Schutzes der Gewässer und eines effektiven Einsatzes der notwendigen finanziellen Mittel ist es erforderlich, die vorhandenen Randstreifen zu kartieren und deren Breite und Ausstattung in Abhängigkeit von den naturräumlichen Faktoren einzuschätzen. Ziel ist die optimale Gestaltung der Gewässerrandstreifen bei gleichzeitiger Beachtung der Interessen des Naturschutzes.

Vorgehensweise beim Kartieren

- Grundlage für die Erfassung der einzelnen Biotope von Untersuchungsgebieten ist die Biotoptypenkartierung im Maßstab 1:10.000. Die Biotopkartierung beruht auf der Grundlage von Colorinfrarot (CIR)- Luftbildern. Die Luftbilder wurden in den Jahren 1990 und 1991 flächendeckend für Nordostdeutschland aufgenommen. Die Luftbilder liegen in Brandenburg bei der Gesellschaft für Luftbildinterpretation mbH in Berlin vor.
- Neben der Auswertung der Biotopkartierung ist zur Einschätzung der Filterwirkung eine Begehung vor Ort notwendig. Hierfür liegt eine Kartieranleitung „Ausweisung von Gewässerrandstreifen“ beim Landesumweltamt Brandenburg vor (BEHRENDT ET AL., 1996).

Die Zustandsanalyse umfaßt:

- **den Bewuchs des Gewässerbodens in Ufernähe** - es soll geklärt werden, inwieweit der Stoffhaushalt und die Strömung des Gewässers durch Makrophyten beeinflusst sein können
- **die topologische Struktur des Uferstreifens** - es soll geklärt werden, ob der Uferstreifen topologisch betrachtet erosive Prozesse aus seinem angrenzenden Einzugsgebiet hemmen kann und welcher Böschungstyp zur Zeit vorliegt
- **den aktuell vorhandenen Vegetationsaufbau des Uferstreifens** - Erfassung der Nutzung des zur Zeit existierenden Uferstreifens inklusive einer eventuell vorhandenen Böschung, Erfassung des vorhandenen Potentials an funktional wirksamer Vegetation
- **die Nutzung des an den Uferstreifen angrenzenden Landes** - Klassifikation in Anlehnung an die Biotoptypenkartierung
- **die aktuelle Eintragsgefährdung** - es soll geklärt werden, inwieweit die topologischen Verhältnisse des unmittelbaren Einzugsgebietes auf eine Wassererosionsgefährdung des Gewässerabschnittes hinweisen

Es werden die Breite und Länge des Randstreifens erfaßt. Die Bonitur der Dichte der Bodenvegetation dient zur Einschätzung der zu erwartenden Filterwirkung.

Die Ergebnisse der Kartierung der Gewässerrandstreifen entlang des Batzlower Mühlengießes sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Als optimale Randstreifen wurden alle Abschnitte zusammengefasst, die aus einer dichten Gras- und Krautschicht, Sträuchern (>1,5 m Höhe) und Gehölzen aufgebaut waren.

Tab 12: Optimal aufgebaute Gewässerrandstreifen am Batzlower Mühlenfließ unterteilt nach ihrer Breite vom Gewässer aus

Kartierlänge	Randstreifen mit optimalem Aufbau*		davon Breitenklassen in m (Abstand vom Gewässer aus)							
			0-5	5-10	10-15	15-25	25-50	50-100	100-200	>200
23340	5640	m	1350	1140	1468	930	480	150	120	0
		%	24	20	26	16	9	3	2	0

*Aufbau aus Kräutern, Stauden oder Hochstauden

Sträuchern > 1,5m Höhe
Gehölzen

Zunahme der Schutzwirkung

Darstellung und Verwaltung der Kartiererergebnisse

Die Flächendaten der Gewässerrandstreifenkartierung werden digitalisiert und für ArcInfo aufbereitet. Durch entsprechende Angaben der Koordinaten (Rechts- und Hochwert) der Biotope ist jederzeit eine Kompatibilität zu anderen Kartengrundlagen oder Datenbanken und somit weiteren Fragestellungen gewährleistet.

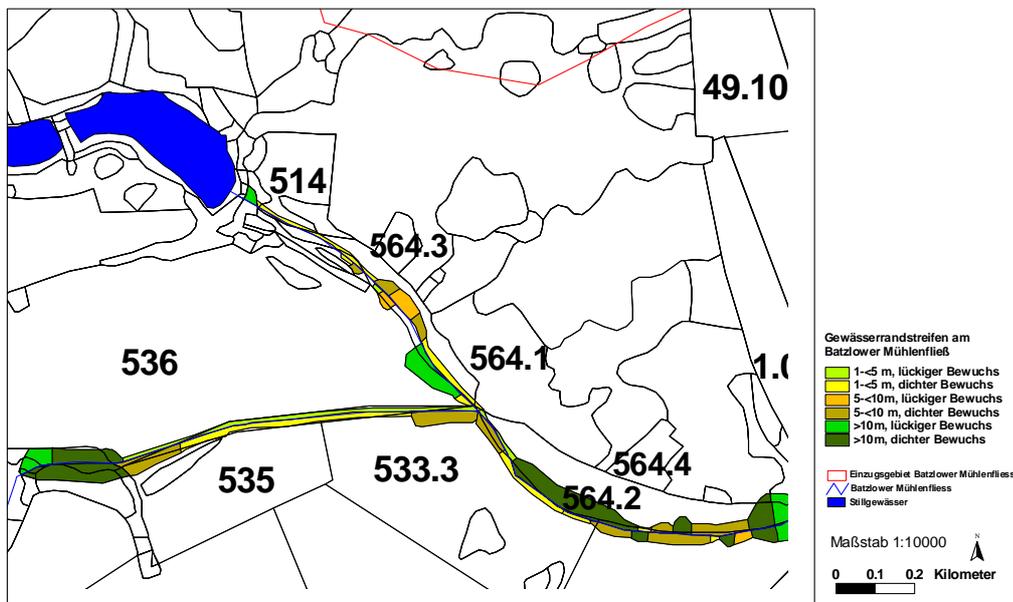


Abb. 68: Gewässerrandstreifen im Einzugsgebiet „Batzlower Mühlenfließ“

Die Sachdaten zu den Uferstreifen und angrenzenden Biotopen werden unter Nutzung des Interpretationsschlüssels für die CIR-Luftbildauswertung verschlüsselt und in Datenbanken aufgenommen. Sie können somit in die Fachinformationssysteme Boden, Gewässer und Naturschutz der Länder aufgenommen werden.

Flurgehölzkartierung

Die Kartierung des Aufbaus und des Zustandes der vorhandenen Flurgehölze erfolgt:

- 1) durch die Erfassung von allgemeinen Angaben zum Flurgehölz (z. B. Lage, Länge, Breite der Anpflanzung, durchschnittliche Höhe der Bäume und Sträucher) und

2) durch die Einschätzung der Windschutzwirkung jedes Teilabschnittes (Unterteilung der Hecke in 50 m lange Abschnitte)

Die Bewertung erfolgt nach dem vorhandenen Bestimmungsschlüssel der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Brandenburgs (Biotopklasse: Laubgebüsch, Feldgehölze, Alleen, Baumreihen; Biotopgruppe: Hecken), der durch zusätzliche Parameter, die speziell die Windschutzwirkung charakterisieren (Lückigkeit vertikal und horizontal, Lage des Flurgehölzes zur Hauptwindrichtung), ergänzt wurde (Tab. 13).

Tab. 13: Auszug aus dem Kartierschlüssel zur Bewertung der Funktionalität von Windschutzhecken

Bestand	Lückigkeit vertikal	Lückigkeit horizontal	Lage zur Hauptwindrichtung	
				Anlagentyp
4				einreihig (Bäume)
5				zweireihig (2 Baumreihen)
6				zweireihig (Überhälter-Büsche)
7				dreireihig (Überhälter-hohe Büsche-Mantelzone)
8				mehreihig
				Lückigkeit vertikal
	1			durchgehend lückig (gleichmäßiger Bestand mit geringer Dichte)
	2			Stammbereich lückig, Krone dicht
	3			vereinzelt lückig im Stamm- bzw. Kronenbereich
	4			von unten nach oben abnehmende Dichte
				Lückigkeit horizontal
		1		stark lückig (>50 % der Gesamtlänge des Flurgehölzes)
		2		lückig (10 % bis 50 % der Gesamtlänge des Flurgehölzes)
		3		vereinzelt Lücken (bis ca. 10 % der Gesamtlänge)
		4		keine Lücken
				Lage zur Hauptwindrichtung
			1	parallel
			2	schräg
			3	quer

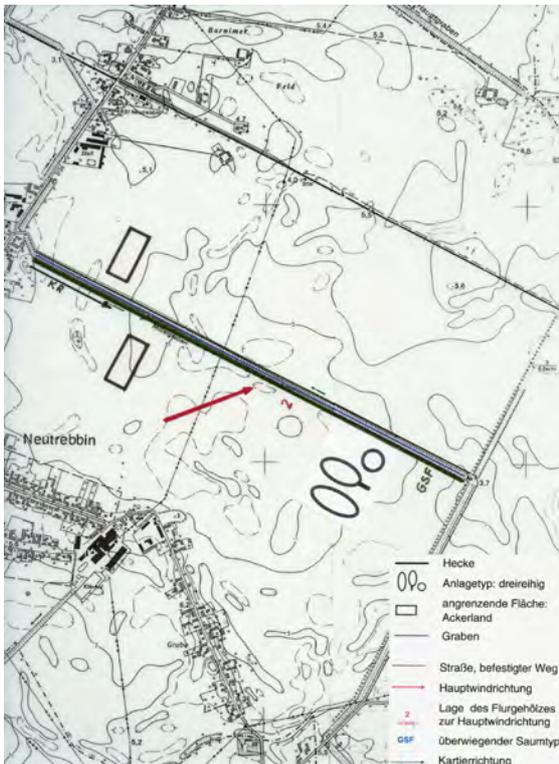


Abb. 69: Ergebnisse der Flurgehölzkartierung (Auszug aus dem Einzugsgebiet "Batzlower Mühlenfließ")

Im Ergebnis werden thematischer Karten unter Nutzung der in der Kartieranleitung vorgegebenen Symbole für die einzelnen Anlagentypen erarbeitet. So erhält man einen Überblick über die Art (Anlagentyp) und räumliche Verteilung der vorhandenen Flurgehölze (Abb. 69). Die nach dem Bestimmungsschlüssel der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Brandenburgs verschlüsselten Ergebnisse werden in Datenbanken zur Weiterverwendung in der Biotop- und Landnutzungskartierung sowie in Fachinformationssystemen abgelegt.

Das 593 ha umfassende Untersuchungsgebiet ist mit 16,8 km Flurgehölzen ausgestattet. Die relative Flurholzlänge von 0,03 km/km² verdeutlicht die sehr starke Ausräumung der Agrarlandschaft infolge der Meliorationsmaßnahmen Ende der 68 iger Jahre.

Von den vorhandenen Anpflanzungen liegen 39 % quer oder schräg zur Hauptwindrichtung. 6 km der Anpflanzungen sind von ihrem Aufbau als Windschutzhecke geeignet, das sind 36 % der gesamten untersuchten Flurgehölzlänge. Davon liegen 1,7 km in Hauptwindrichtung.

Windschutzpflanzungen sind am effektivsten, wenn sie mehrreihig, mehrstufig, lückenlos, aber durchblasbar aufgebaut sind und quer oder schräg zur Hauptwindrichtung liegen.

Im Untersuchungsgebiet entsprechen 1 % (1,6 km) der vorhandenen Anpflanzungen diesen Anforderungen für einen optimalen Windschutz.

SCHRITT IX: EMPFEHLUNGEN FÜR EINE BODENSCHÜTZENDE FLURGESTALTUNG UND VORSCHLÄGE FÜR EINE ERGÄNZENDE ANBAUGESTALTUNG IM EINZUGSGEBIET

Durch die Verknüpfung der einzelnen Ergebnisse ist es möglich, erosionsdisponierte Schläge und Teilflächen (z.B. Talwege) herauszufiltern, um entsprechend der Gefährdung gezielt Schutzmaßnahmen durchzuführen zu können.

Die potentielle Erosionsdisposition der betroffenen Ackerschläge ist nicht veränderbar, daher muß sie bei einer standortangepaßten Landnutzung beachtet werden. Während auf den stark und sehr stark gefährdeten Flächen eigentlich nur durch eine konsequente Nutzungsänderung ein ausreichender Bodenschutz gewährleistet werden kann, sollen auf den mäßig gefährdeten Flächen bodenschonende Maßnahmen und ein Anbauverhältnis mit hohem Anteil bodenbedeckender Fruchtarten die aktuelle Erosionsgefährdung vermindern. Im Vordergrund stehen für das Gebiet Verfahren zur Erhöhung der Bodenbedeckung im Winter und Frühjahr durch Zwischenfruchtanbau und Mulchsaatverfahren bei Zuckerrüben und Mais. Ziel der Anbaugestaltung muß es sein, räumlich gut verteilt das ganze Jahr über einen hohen Anteil bedeckter Flächen zu haben.

Abb. 70 zeigt einen Vorschlag für eine bodenschützende Flur- und Anbaugestaltung im Einzugsgebiet des Batzlower Mühlenfließes.

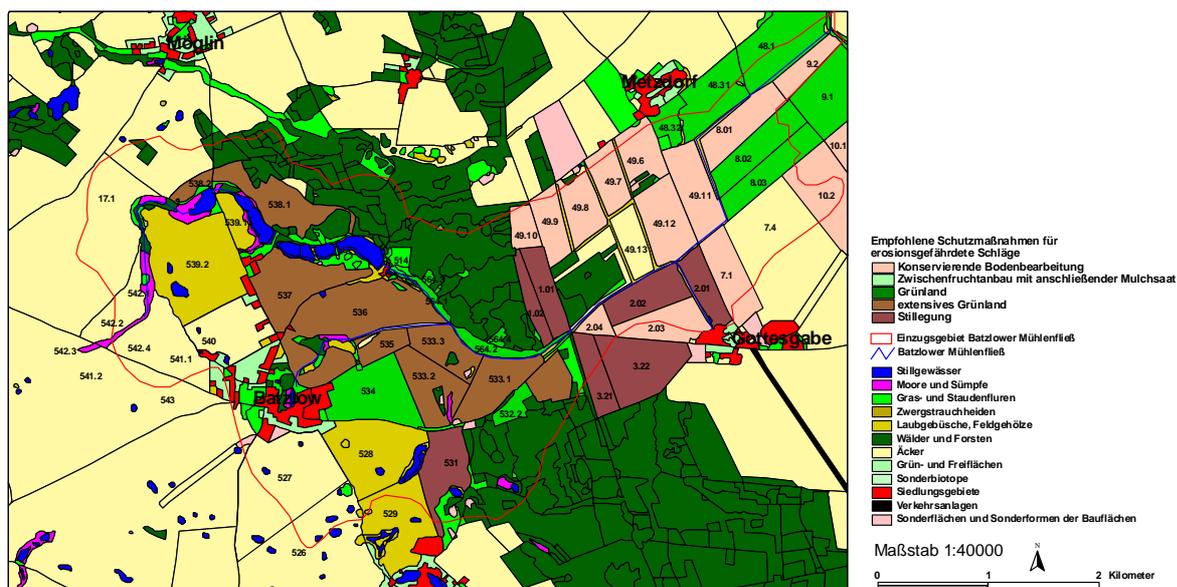


Abb. 70: Empfehlungen für eine wassererosionsvermindernde Anbaugestaltung im Einzugsgebiet des Batzlower Mühlenfließes

Ein weiterer Schwerpunkt muß in der Verminderung von Fahrspuren auf den Flächen in Gewässernähe gesehen werden. Jede hangabwärts gerichtete Fahrspur ist eine potentielle Erosionsrinne.

Nach Bewertung aller vorhandenen Flurgehölze können Empfehlungen für Neuanpflanzungen erarbeitet werden, die sowohl die substratabhängige Erodierbarkeit als auch die erosionswirksamen Feldlängen berücksichtigen (Abb. 71).

So sollten vorrangig im Zentrum des Gebietes Windschutzpflanzungen quer zur Hauptwindrichtung in Nord - Süd - Richtung erfolgen. Von den Vorschlägen konnten bisher zwei Anpflanzungen realisiert werden, eine im Jahr 1990 und eine in 1998. Bis zu ihrer vollen Wirksamkeit werden noch einige Jahre vergehen, so dass bis dahin auf ackerbauliche Maßnahmen zur Einschränkung der Winderosionsgefährdung besonderes Augenmerk zu richten ist. Auch in Zukunft wird auf eine Kombination von flurgestalterischen und ackerbaulichen Maßnahmen orientiert werden müssen.

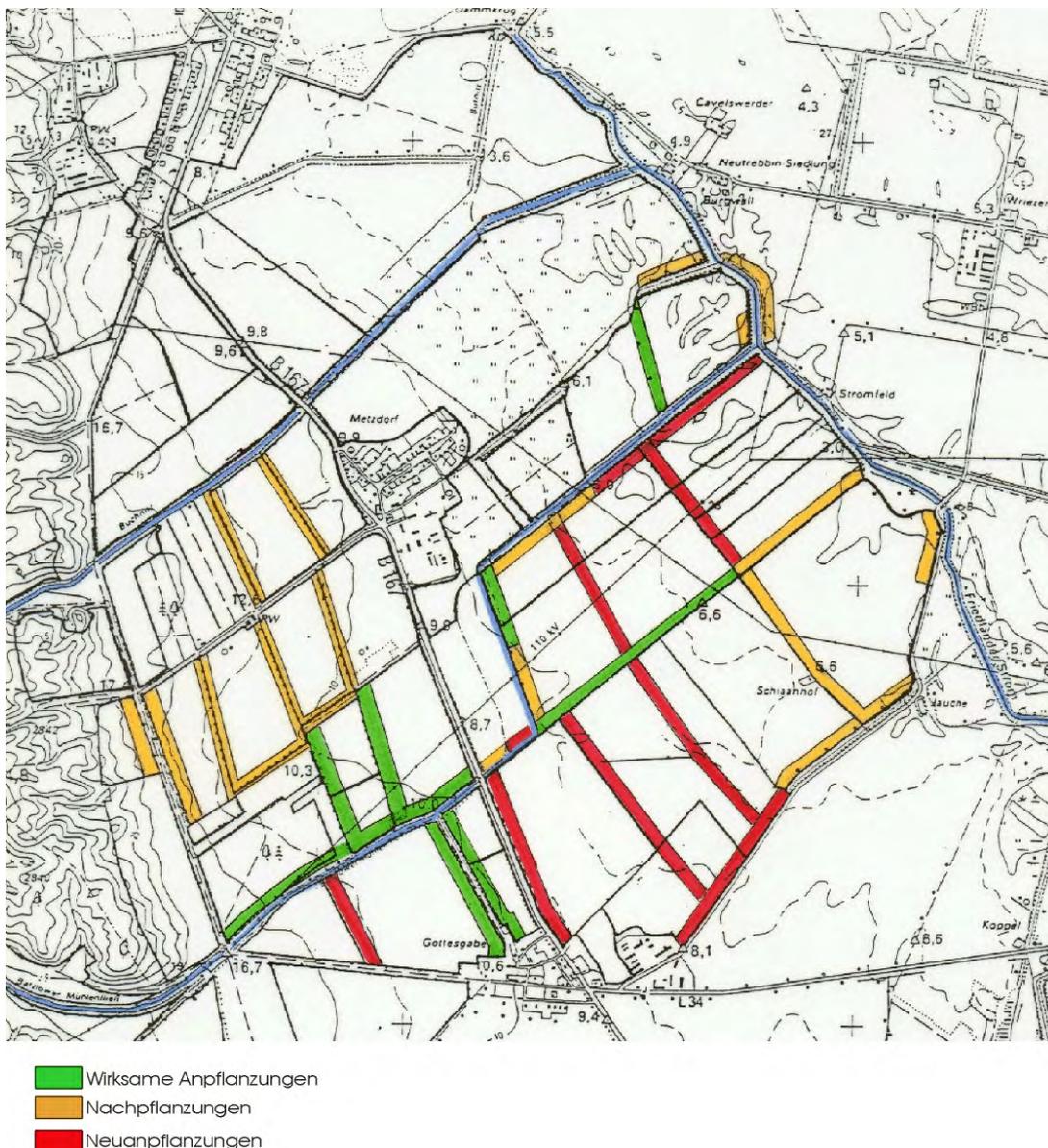


Abb. 71: Vorgeschlagene Windschutzpflanzungen im winderosionsgefährdeten Teil des Batzlower Mühlenfließes

LITERATUR

- Behrendt, H.; Raderschall, R.; Pagenkopf, W.; Frielinghaus, M.; Winnige, B. (1996): Ausweisung von Gewässerrandstreifen. Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ausweisung von Gewässerrandstreifen. Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg. Band 10, 86 S.
- BMELF (1999): Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung.
- BMVEL (2001): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion.
- Bundesbodenschutzgesetz (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens. Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998 Teil I Nr. 16. Bonn, 24.März 1998.
- Bodenschutzverordnung (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 36. Bonn, 16.Juli 1999.
- DVWK - Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1996): Bodenerosion durch Wasser. Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. DVWK - Merkblätter zur Wasserwirtschaft, 239/1996, 62 S. Bonn.
- Eisele, J. (2000): Schutz vor Wassererosion in Nordrhein-Westfalen. In: Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. BMVEL.
- Flegel, R. (1958): Die Verbreitung der Bodenerosion in der DDR. Bibl. Inst. Leipzig, 104 S.
- Frielinghaus, M.; Deumlich, D.; Funk, R.; Helming K., Winnige, B. u.a. (1997a): Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. ZALF-Bericht Nr. 27.
- Frielinghaus, Mo.;Höflich, G.; Joschko, M.; Rogasik, H.; Schäfer, H. (1997b): Auswertung eines Langzeitexperimentes zur konservierenden Bodenbearbeitung von Sandböden und Einschätzung des Erfolgs. Arch.- Pfl. Boden. Vol. 41. S.383 – 402.
- Frielinghaus, Mo. (1998): Bodenschutzprobleme in Ostdeutschland: In: Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Hrsg. Richter, G., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, S. 204-221.
- Frielinghaus, Mo. (1999): Schutz des Bodens. Umweltschutz - Grundlagen und Praxis. Hrsg. K. Buchwald u. W. Engelhardt. Bonn, Economica Verlag, Band 4 - Schutz des Bodens.
- Lieberoth, I.; Dunkelgod, P. et al. (1983): Auswertungsrichtlinien MMK Stand 1983. FZB Müncheberg, AdL d. DDR, 1983.
- Sommer, C.; Brunotte, J.; Ortmeier, B., (1994): Einführung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung. In: Die Praxis. FuE-Vorhaben 87 UM 01. Institutsbericht 222. 368 S. FAL Braunschweig-Völkenrode.
- Steiner (1996): Causes of Soil Degradation and development Approaches to Sustainable Soil Management. GTZ.[engl. version].-Weikersheim: Markgraf.
- Thiere, J.; Altermann, M.; Lieberoth, I.; Rau, D. (1991): Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologisch wirksamen Standortbedingungen. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.; Berlin 35, 3, 171-183.
- Werner, W.; Wodsak, H.-P., (1994): Regional differenzierter Stickstoff- und Phosphateintrag in Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Lockergesteinsbereichs der ehemaligen DDR. agrarspectrum. Bd. 22. Frankfurt/M.