



## Erosionsgefährdung

### **Informationen zu den Auswertungen der Erosionsgefährdung durch Wasser**

Dirk Elhaus, Kirsten Wagner  
FB 22 – Fachinformationssystem Bodenkunde  
Geologischer Dienst NRW

18.10.2023

## Inhalt

---

1.	Einleitung .....	2
2.	Der Prozess der Bodenerosion.....	3
3.	Ursachen der Erosion .....	5
3.1	Natürliche Standorteigenschaften .....	5
3.2	Anthropogene Beeinflussung der Bodenerosion.....	7
4.	Klimawandel und Bodenerosion .....	10
5.	Formen der Erosion durch Wasser .....	12
6.	Schäden durch Erosion .....	16
7.	Schutzmaßnahmen.....	19
8.	Auswertung zur Erosionsgefährdung der Böden in Nordrhein-Westfalen.....	20
8.1	Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG).....	20
8.1.1	Bestimmung des K-Faktors .....	21
8.1.2	Bestimmung des R-Faktors .....	23
8.1.2	Bestimmung des S-Faktors.....	23
8.2	Natürliche Erosionsgefährdung nach DIN 19708:2022-08.....	24
8.3	Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen nach der GAP-Konditionalitätenverordnung .....	24
9	Literatur .....	26
10	Glossar.....	29

Fachbegriffe werden im Glossar erläutert.

## 1. Einleitung

Bodenerosion (vom lateinischen „erodere“ = ausnagen) bezeichnet die durch natürliche Prozesse ausgelöste Ablösung und den Transport von Bodenteilchen und die an sie gebundenen Stoffe entlang der Bodenoberfläche. Dieser Prozess kann durch den Einfluss des Menschen verstärkt oder auch ausgelöst werden. Je nach Transportmedium unterscheidet man zwischen Bodenerosion durch Wasser oder durch Wind. Die vorliegende Auswertung befasst sich mit der Bodenerosion durch Wasser. Eng damit verbunden ist die Verschlämmung der Böden. Die durch den Niederschlag vom Boden gelösten Bodenpartikel führen zunächst zu einer Verschlammung der Bodenoberfläche und damit zu einer Reduzierung der Infiltrationskapazität des Bodens. Das Niederschlagswasser dringt nicht mehr direkt in den Boden ein, sondern fließt bei vorhandenem Gefälle als Oberflächenabfluss ab. Durch die Transportkraft des abfließenden Wassers können weitere Bodenpartikel verfrachtet werden.

Die Reliefenergie und die zur Verfügung stehende Niederschlagsmenge steuern dabei die Transportkraft des Oberflächenabflusses. Zusammen mit den Bodeneigenschaften kann somit die natürliche Erosionsgefährdung eines Standortes beschrieben werden. Unberücksichtigt bleibt dabei die aktuelle Flächennutzung, da bei dieser Auswertung die natürlichen und kaum veränderbaren Standortbedingungen im Hinblick auf die Erosionsgefährdung bewertet werden. Gleichwohl wird in der Flächennutzung, Bearbeitungs- und Anbautechnik der Schlüssel zur Reduzierung der anthropogen verstärkten Bodenerosion und Verschlammung gesehen.

## 2. Der Prozess der Bodenerosion

Bodenerosion ist ein Prozess, der auch unter natürlichen Bedingungen meist mit geringer Intensität abläuft. Die ackerbauliche Nutzung entblößt die Böden zeitweise von ihrer Pflanzenbedeckung und bietet daher einen Angriffspunkt für Bodenerosion. Gerade die steinfreien Böden aus Löss, die wegen ihrer Fruchtbarkeit intensiv genutzt werden, sind besonders erosionsgefährdet. Sie reagieren empfindlich auf Bodendruck und Bearbeitung im zu nassen Zustand und neigen zu einer schnellen Verschlämmung des Oberbodens.

Der Vorgang der Bodenerosion gliedert sich in **drei Hauptprozesse**, die sich räumlich und zeitlich überlagern:

- **Verschlämmung:** die aufprallenden Regentropfen bewirken eine Zerstörung der Bodenaggregate (Splash), insbesondere bei den wenig strukturstabilen feinstsand- und schluffreichen Böden. Die dabei losgeschlagenen Aggregatbruchstücke werden einige Zentimeter bis Dezimeter an der Oberfläche transportiert und können gröbere Poren verstopfen, was eine Verschlammung des Bodens bewirkt. Ausmaß und Geschwindigkeit dieses Vorgangs hängen im Wesentlichen von den standortspezifischen Bodenparametern (Wassergehalt, Wasserdurchlässigkeit, Ton- und Humusgehalt) und von der Intensität und der Energiedichte (Regentropfengröße) des Niederschlags ab. Verschlammung und Ablösung der Bodenaggregate können durch die Pflanzendecke, abgestorbene Pflanzenreste und Steine an der Bodenoberfläche verhindert werden. Sobald die Infiltrationskapazität des Bodens abnimmt, sammelt sich Wasser an der Bodenoberfläche.
- **Bodenabtrag:** bei vorhandenem Gefälle kommt es schließlich zu Oberflächenabfluss. Wird durch die Transportkraft des Oberflächenabflusses der Scherwiderstand des Bodens überschritten, bilden sich sichtbare Rillen und Rinnen als bevorzugte Abflusswege. In der Folge konzentriert sich der Abfluss meist entlang bereits vorhandener Leitlinien (natürlicher Tiefenlinien oder auch Abflussgräben, Wege, Ackerrandfurchen, Drillreihen und Fahrspuren). Der Abfluss entlang solcher anthropogen bedingten oder natürlichen Leitlinien kann in relativ kurzer Zeit weite Distanzen zurücklegen. Hierbei können feste und in Wasser gelöste Inhaltsstoffe in entfernte Oberflächengewässer eingetragen werden.
- **Akkumulation:** reicht die Transportkapazität des abfließenden Wassers nicht mehr aus, um die mitgeführten Bodenpartikel zu bewegen, kommt es zur Sedimentation und Akkumulation. Da die Transportkraft stark von der Abflussgeschwindigkeit bestimmt wird, finden sich Bodenablagerungen dort, wo das abfließende Wasser seine Geschwindigkeit verlangsamt. Die Ursachen für die Verlangsamung sind eine geringere Neigung der Abflussbahn oder ein erhöhter Abflusswiderstand, wie er bei dichtem Pflanzenbewuchs oder bei Mulchauflagen auftritt. Akkumuliert werden bei Abnahme der Fließgeschwindigkeit zunächst diejenigen Partikel, die im Wasserstrom am schnellsten zu Boden sinken oder nur rollend als Grundfracht im Abfluss mitgeführt werden. Zu einer klaren räumlichen Trennung der Kornfraktion, wie sie aus laminar fließenden Gewässern bekannt ist, kommt es selten, da neben Primärpartikeln auch Aggregate transportiert werden und zugleich im turbulenten Abfluss auf engstem Raum unterschiedliche Transportvorgänge ablaufen können. Außerdem können die Abflussverhältnisse während eines Erosionsereignisses wechseln, so dass am gleichen Geländepunkt zeitlich nacheinander unterschiedliche Kornfraktionen abgetragen oder abgelagert werden.

Aus bodenkundlicher Sicht entwickelt sich als Ergebnis von Sedimentation und Akkumulation ein Kolluvisol. Es handelt sich um einen Boden aus verlagertem, oft humosem Bodenmaterial,

das entweder durch Wind erodiert oder durch Wasser von Hängen abgespült und am Hangfuß, in Senken oder kleinen Tälern akkumuliert wurde.



Abb. 1: Bodenprofil eines Kolluvisols (Foto: GD NRW)

Daneben gibt es zahlreiche weitere das Erosionsgeschehen steuernde Prozesse, von denen der Fremdwasserzufluss wegen seiner Bedeutung für das Verständnis von Erosionserscheinungen erwähnt wird. Fremdwasserzufluss bezeichnet das Zulaufen von Wasser auf eine Fläche zusätzlich zum Niederschlag. Dies kann durch einen temporären Quellaustritt oder durch Abflusswasser von Wegen, aus Verrohrungen oder Abflussgräben erfolgen. Möglich ist auch ein diffuser Fremdwasserzufluss aus einer höher gelegenen Fläche. Fremdwasserzufluss bedeutet häufig einen erheblichen Wasserüberschuss auf der betroffenen Fläche, der besonders in Hanglage erheblichen Bodenabtrag verursachen kann.

### 3. Ursachen der Erosion

Erosion ist ein praktisch überall auftretender Prozess, der unter natürlichen Bedingungen mit sehr geringer Intensität abläuft, da die geschlossene Pflanzendecke der natürlichen Vegetation den Boden vor oberflächlicher Abspülung durch Wasser schützt. In gewissen Grenzen werden die hierbei auftretenden Bodenverluste durch Bodenneubildung kompensiert, die jedoch nicht überschätzt werden darf. In der Regel liegen die Bodenneubildungsraten in Mitteleuropa unter 0,1 mm /a (das entspricht einem Abtrag von 1,5 t/ha).

Mit zunehmender Inanspruchnahme des Bodens durch den Menschen – insbesondere im Rahmen des Ackerbaus, wenn der Boden zeitweilig ohne Vegetationsdecke der Witterung schutzlos ausgeliefert ist – nehmen die erosionsfördernden Prozesse erheblich an Wirkung zu und übersteigen vielfach das durch die Bodenneubildung tolerierbare Maß, so dass die Bodenerosion zu einem Problem wird. In Abhängigkeit von der Morphologie des Geländes entstehen einerseits sehr mächtige kolluviale Böden an den Standorten, wo das erodierte Bodenmaterial sedimentiert, andererseits sehr flachgründige Böden an den unmittelbaren Erosionsstandorten. Da insbesondere das nährstoff- und humusreiche Substrat des Oberbodens verlagert wird, werden die Erosionsstandorte nachhaltig und langfristig in ihrer natürlichen Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigt. Einmal eingetretene Bodenverluste sind in der Regel nicht wieder rückgängig zu machen. Dies ist besonders schwerwiegend, wenn Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit betroffen sind.

Erosion wird weltweit als die wichtigste Bodenschädigung durch die menschliche Nutzung angesehen. Auch in Nordrhein-Westfalen hat die Bodenerosion durch Wasser eine große Bedeutung.

#### 3.1 Natürliche Standorteigenschaften

Das Ausmaß der Bodenerosion wird durch die natürlichen Standorteigenschaften (Regenerosität, Bodenerodierbarkeit und Hangneigung) und durch die Art der Bodennutzung (Hanglänge, Auswahl der angebauten Kulturen und Bodenbearbeitung) bestimmt.

- Die **Regenerosität** stellt ein Maß für die gebietsspezifische erosionsauslösende Wirkung des Niederschlags dar. Sie hängt von der Anzahl, der Höhe und der Intensität (Niederschlagsmenge pro 30 Minuten) der Einzelniederschläge ab und errechnet sich als Summe der Energie der Einzelniederschläge über einen langen Zeitraum (über 10 Jahre). Überdurchschnittlich hoch ist die Regenerosität in NRW in den Luv-Lagen der Eifel, des Bergischen Landes, des Sauerlandes und des Ostwestfälischen Hügellandes, während sie in den Flachlandregionen des Niederrheins, des Münsterlandes und in den lee-seitig gelegenen Bereichen der Mittelgebirge unterdurchschnittlich ist.

Die aktuellen Untersuchungen zum Klimawandel belegen, dass sommerliche Starkregenereignisse und winterliche Niederschlagsmengen zunehmen. Untersuchungen von Auerswald, Fischer und Winterrath belegen den Einfluss der sich ändernden Niederschlagscharakteristik auf die Regenerosität, so dass für aktuelle Auswertungen die vom DWD aufbereiteten Radarniederschlagsdaten zu verwenden sind. Der in der Vergangenheit übliche Ansatz, Regressionen zwischen dem R-Faktor und der Sommerniederschlagshöhe zu verwenden, kann diesen Wandel nur unzureichend berücksichtigen (s. u. a. DIN19708 in der aktuellen Fassung).

- Die **Bodenerodierbarkeit** integriert zahlreiche physikalische Eigenschaften des Bodens. Sie quantifiziert den Widerstand des Bodens gegen die Erosion. Durch die beim Aufprall eines Regentropfens auf den Boden freiwerdende Energie können insbesondere bei den wenig strukturstabilen feinstsand- und schluffreichen Böden Bodenpartikel aus dem Aggregatgefüge herausgeschlagen werden. Das abfließende Wasser transportiert bei hinreichendem Gefälle die abgelösten Teile hangabwärts.

Zusätzlich bewirkt der Aufprall der Regentropfen auf die Bodenoberfläche eine Verdichtung des Bodens als Folge seiner geringen Aggregatstabilität. Es bildet sich an der Bodenoberfläche eine wenige Millimeter dicke krustenförmige Verschlammungshaut (ROTH & HELMIG & FOHRER 1995). Dies bedeutet einen Verlust an Bodenfruchtbarkeit, da der Luft- und Wasserhaushalt des Bodens infolge der Verdichtung und Aggregatzerstörung gestört wird. Die verringerte Infiltrationskapazität des Bodens begünstigt selbst bei sehr schwach geneigten Oberflächen das Entstehen von Oberflächenabfluss.

Die Strukturstabilität kann sich auf landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden auch durch einwertige Kalium-Kationen verringern, die bei der Düngung zugeführt werden. Da das Niederschlagswasser einen niedrigeren Gehalt an gelösten Salzen aufweist als das Bodenwasser, lagern sich insbesondere um die einwertigen Ionen Wasserhüllen an. Dieser Effekt verringert die Aggregatstabilität des Bodens (AMELUNG et al. 2018). Die Folge ist eine schnellere Verschlammung der Bodenoberfläche und damit auch eine Zunahme der Erosionsanfälligkeit der Böden.

Besonders hoch ist die Erodierbarkeit bei feinstsand- und schluffreichen Böden, wie sie in den Sandlöss- und Lössgebieten am Niederrhein und im Münsterland oder in den fruchtbaren und landwirtschaftlich intensiv genutzten Bördelandschaften um Soest, Zülpich und Warburg vorgefunden werden. Mit zunehmendem Stein- und Tongehalt nimmt die Erodierbarkeit der Böden ab.

- Die **Hangneigung** hat neben der Bodenerodierbarkeit von den natürlichen Standorteigenschaften den größten Einfluss auf das Erosionsgeschehen. Mit zunehmender Hangneigung nimmt der Bodenabtrag überproportional zu. Die folgende Abbildung vermittelt einen Überblick.

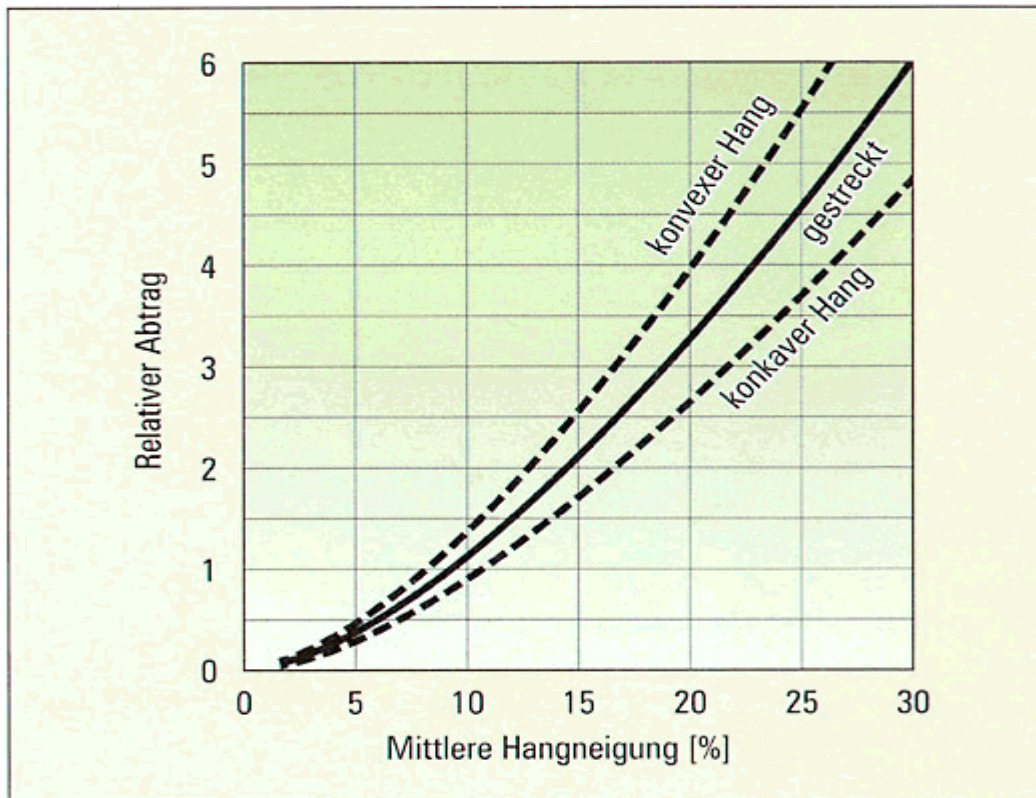


Abb. 2: Zusammenhang zwischen erosiver Hanglänge und tatsächlicher Hanglänge (Quelle: AUERSWALD & VON BERGER 1998)

### 3.2 Anthropogene Beeinflussung der Bodenerosion

Neben den natürlichen Standorteigenschaften, die in der Karte der Erosionsgefährdung bewertet dargestellt werden, beeinflusst der Mensch die Bodenerosion durch die Art der Bodennutzung. Flurgestaltung, Bearbeitungsrichtung, die angebauten Kulturen und das Anbauverfahren.

- Die **Flurgestaltung** bestimmt unter anderem den Oberflächenabfluss. Wird ein Hang durch eine senkrecht zum Gefälle verlaufende stabile Struktur gegliedert (z. B. Wirtschaftsweg, Hecke, Grasstreifen oder Feldrain), durch die das Wasser abgeleitet oder der Abfluss stark verzögert werden kann, verringern sich die Höhe des Abflusses und die Transportkraft des Wassers. Dies ist insbesondere bedeutend für das Erosionsgeschehen am Unterhang, da nicht mehr die gesamte Hanglänge erosionswirksam ist. Als erosionswirksame Hanglänge wird die Feldlänge in Gefällerrichtung zwischen zwei den Hang gliedernden stabilen Strukturen bezeichnet. Eine kurze erosionswirksame Hanglänge verringert das Erosionsgeschehen. Abbildung 3 verdeutlicht die Zusammenhänge.



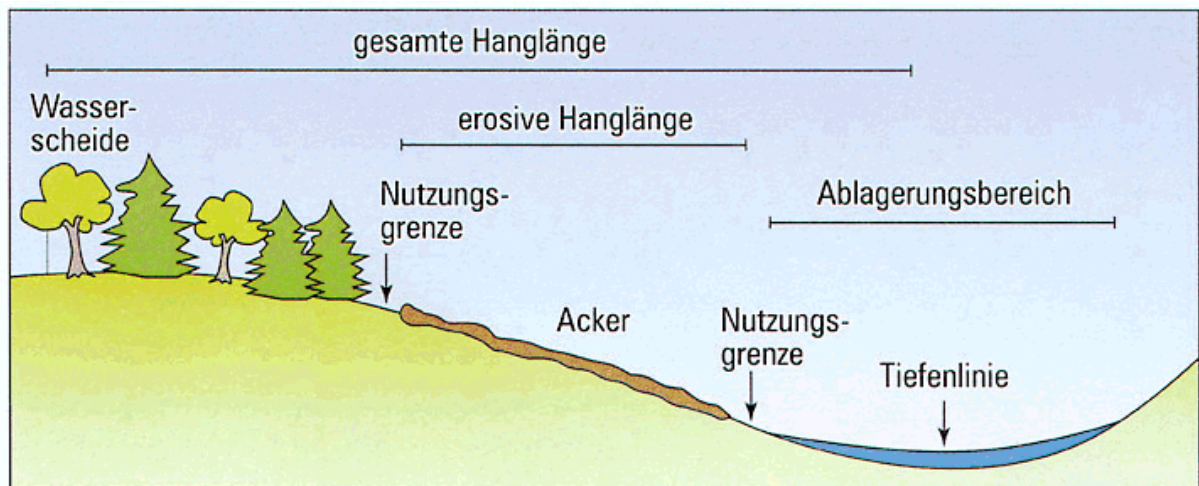


Abb. 3: Hanglänge, erosive Hanglänge und Ablagerungsbereich

- Die **Querbearbeitung** (Bearbeitungsrichtung konturparallel also senkrecht zum Gefälle) stellt eine weitere Möglichkeit dar, die Erosion zu reduzieren, da die Rauigkeit erhöht und die Transportkraft des Wassers reduziert wird. Wenn die Rauigkeit jedoch nicht mehr ausreicht, das Niederschlagswasser zurückzuhalten, dann verstärken diese Strukturen die erosive Wirkung des zusammenfließenden Wassers an einer Durchbruchsstelle erheblich.
- Die **Fruchtart** und das **Anbauverfahren** bestimmen wesentlich stärker die Höhe des Bodenabtrags als die Flurgestaltung und die Bearbeitungsrichtung. Je vollständiger und länger eine Kultur bzw. Kulturfolge den Boden bedeckt und je näher die Pflanzendecke an der Bodenoberfläche ist, umso geringer ist der zu erwartende Bodenabtrag, da die Regentropfen vor dem Aufprall auf die Bodenoberfläche durch die Vegetationsdecke abgebremst werden. Besonders erosionsmindernd ist das Mulchsaatverfahren, bei dem die Saat der Hauptfrucht in den abgestorbenen Vor- oder Zwischenfruchtbestand erfolgt. Der den Boden bedeckende Mulch bremst die aufprallenden Regentropfen und verringert damit die Erosionswirksamkeit des Niederschlags. Außerdem bremst der Mulch den Oberflächenabfluss. Eine Übersicht geeigneter acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen findet sich in BLE/BZL 2022. Bei konventionell angebauten Fruchtarten gibt es Zeiträume, in denen der Boden kaum oder nicht bedeckt ist, nämlich unmittelbar nach der Saat oder der Ernte. Dies muss allerdings nicht zwangsläufig bedeuten, dass dadurch die Gefahr des Bodenabtrags hoch ist. Vielmehr ist darauf zu achten, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten erosionswirksamer Niederschläge in diesem Zeitraum möglichst gering sein sollte. Erosionswirksame Niederschläge treten häufig in den Monaten Mai bis September auf. Daher sind Kulturfolgen, deren Früchte den Boden in dieser Zeit nur ungenügend bedecken, erosionsfördernd. Eine durch den Klimawandel veränderte Charakteristik des Niederschlagsgeschehens (Verschiebung von Zeiträumen mit starken Niederschlägen und Zunahme der Winterniederschläge) ist unter Erosionsgesichtspunkten gesondert zu beachten.
- Besonders erosionsmindernd wirken Kulturen mit **mehnjähriger Bodenruhe** (z. B. Ackerfutterbau). Sie bedecken nicht nur den Boden durchgehend, die Bodenruhe bewirkt auch eine Stabilisierung des Bodengefüges. Dadurch wird der Boden widerstandsfähiger gegen Bodenerosion.
- Durch den **Strukturwandel der Landwirtschaft** in den vergangenen Jahren hat sich die Bodenbewirtschaftung tiefgreifend gewandelt. Dabei wirken erosionsverstärkend:
  - Maßnahmen der Flurneuordnung, wenn erosionsmindernde Strukturen in der

- Landschaft wie Hecken gerodet und Gräben und Hangstufen beseitigt werden
- Umwandlungen von Grünland in Ackerland mit lückenhafter Pflanzendecke
  - Fruchtanbau mit relativ kurzer Bodenbedeckung (Wandel von z. B. Klee gras zu Mais und Zuckerrübe)
  - intensivere und tiefer greifende Bodenbearbeitung, u.a. durch schwere Maschinen und Transportfahrzeuge führt zu Bodenverdichtungen, was den Oberflächenabfluss verstärkt

An dieser Stelle wird nicht weiter auf einzelne Anbauverfahren oder Fruchtarten eingegangen, sondern es werden nur einige allgemeine Hinweise gegeben. Weitere Informationen sind bei den Beratungsstellen der Landwirtschaft erhältlich, die Landwirtinnen und Landwirte speziell im Hinblick auf einen effektiven Erosionsschutz beraten können.

#### 4. Klimawandel und Bodenerosion

Im Jahr 2010 gab das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) in NRW eine erste Klimawandelstudie (LANUV 2010) heraus. Bereits in dieser Studie wurde eine zunehmende Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate bei gleichzeitiger Zunahme von Starkregenereignissen in den Sommermonaten prognostiziert. Diese Tendenz hat sich in den vergangenen Jahren bestätigt. Auch in den Fortschreibungen der Klimawandelstudie wird dies als Trend angenommen und mit Wetterdaten belegt. Die zunehmende sommerliche Trockenheit bei gleichzeitiger Erhöhung der Starkregenereignisse wird begründet mit steigenden Temperaturen bei gleichzeitiger Verlangsamung des Polarfront-Jetstreams. Die steigenden Temperaturen führen zu einer Zunahme an Wassergehalt in der Atmosphäre. Die Verlangsamung des Jetstreams verlangsamt das Weiterziehen von Gewitterzellen, wodurch regional sehr stark ausgeprägte Niederschlagserscheinungen auftreten (LANUV 2021).

Für die Veränderung der Jahresniederschlagssumme lässt sich in NRW kein fester Trend ermitteln. Niederschlagsreiche Jahre wechseln sich ab mit niederschlagsärmeren Jahren. Die Winterniederschläge haben allerdings in den vergangenen Jahren signifikant zugenommen. Auch Stark- und Extremniederschlagsereignisse haben statistisch signifikant zugenommen. Die Dynamik der Zunahme an Starkniederschlägen zeigt die Abbildung 4.

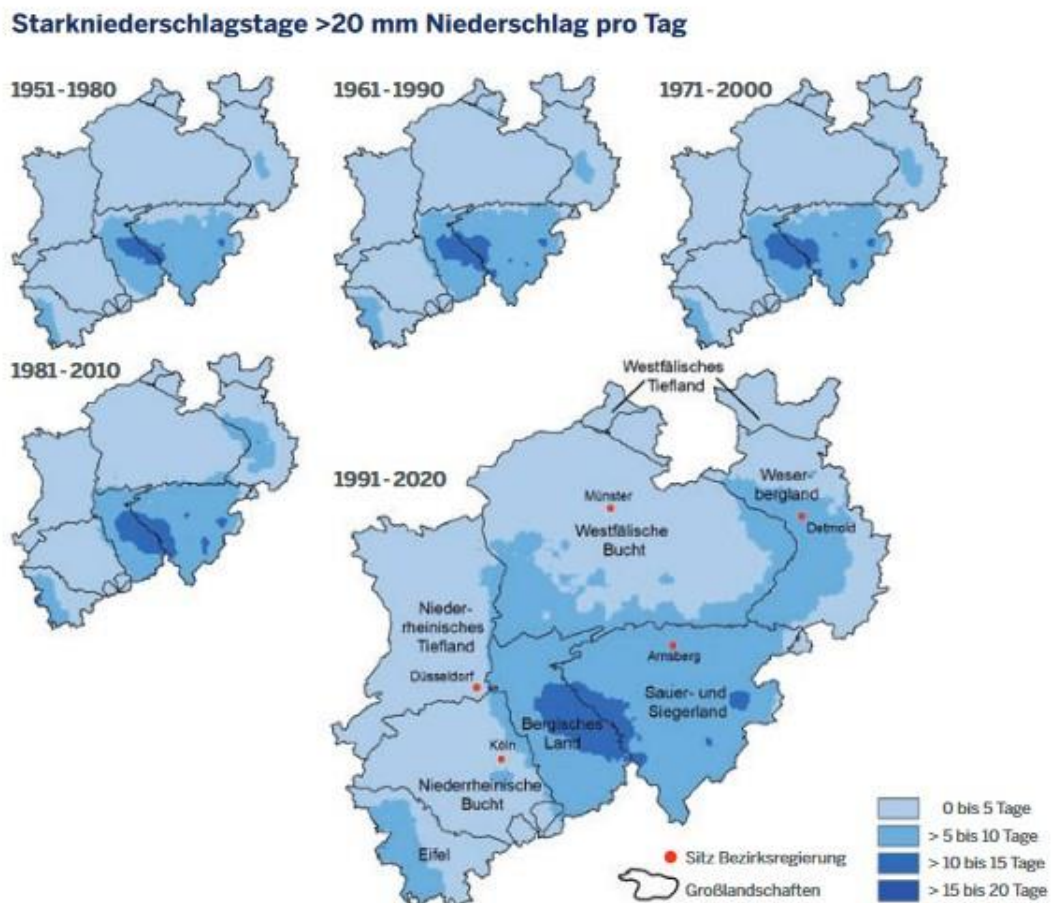


Abb. 4: Zunahme der Starkniederschläge mit über 20 mm pro Tag

Dieser Trend der zunehmenden Stark- und Extremniederschlagsereignisse sowie der zunehmenden Winterniederschläge beeinflusst auch die natürliche Erosionsgefährdung der Böden in NRW. Für eine genaue Abschätzung der Auswirkungen der geänderten Niederschlagscharakteristik benötigt man zeitlich sehr hochauflösende Niederschlagsdaten, aus denen die Energie abgeleitet werden kann, mit der die Niederschläge auf den Boden auftreffen. Der DWD bietet flächendeckend für ganz Deutschland radargestützte Niederschlagsdaten, für die nach DIN19708:2022-08 die Regenerosivität berechnet wird.

Dazu wird die Summe der kinetischen Energie der erosionswirksamen Niederschlagsereignisse und der maximalen Niederschlagsintensität der Ereignisse bezogen auf ein 30-Minuten-Zeitfenster bestimmt. Für die vergangenen Jahre lässt sich ein Trend zunehmender Regenerosivität beobachten. Dies deckt sich mit den beobachteten Veränderungen der Niederschlagsdynamik.

Gegen die niederschlagswirksame Erosion wirkt Pflanzenbedeckung natürlicherweise als Schutz. Daher benötigt man neben den Niederschlagsdaten zur Erfassung der klimawandelbedingten Erosionsgefährdung auch phänologische Daten, welche die veränderte Entwicklung der Vegetation beschreiben. Durch den Klimawandel verlängert sich die Vegetationsperiode, was sich zunächst positiv auf den Erosionsschutz auswirkt. Die Zunahme der Winterniederschläge ist dennoch problematisch, da gerade in den Wintermonaten die Vegetationsbedeckung gering ausfällt.



## 5. Formen der Erosion durch Wasser

Je nach Erscheinungsbild unterscheidet man verschiedene Formen der Bodenerosion durch Wasser. Der Regentropfenschlag, die Zerstörung der Bodenaggregate und das rasche Befeuchten wirken auf die Bodenoberfläche ein. Es kommt zur Ablösung und zum Transport von Bodenteilchen. Treten diese Mechanismen flächenhaft auf, spricht man von Flächen- oder Schichterosion (Abbildung 5). Sie ist ohne kontinuierliche Messung im Gelände schwer zu erkennen und zu quantifizieren, da selbst ein hoher Abtrag von 50 t/ha lediglich einem Bodenverlust von ca. 3 mm Höhe entspricht. Dieser ist optisch nicht wahrnehmbar. Im Gelände sieht man nur die verschlammte Bodenoberfläche, ohne die Höhe des Abtrags sicher abschätzen zu können. Größere Akkumulationen von Bodenmaterial am Hangfuß sind indirekte Hinweise, dass es sich um einen erosionsgefährdeten Standort handelt.

Die Flächen- oder Schichterosion wird daher häufig unterschätzt. Die Schäden an den Erosionsstandorten sind langfristig jedoch irreparabel, da die Bodenreubildung selten mehr als 0,1 mm/a beträgt. Problematisch ist, dass das wertvolle Bodenmaterial des Oberbodens abtransportiert wird und der Boden dadurch langfristig seine natürliche Fruchtbarkeit verliert. Um das Ausmaß dieser flächenhaften Erosionsprozesse abschätzen und quantifizieren zu können, werden Prognosemodelle angewendet.



Abb. 5: Flächen- und Schichterosion mit Akkumulation von Bodenmaterial am Hangfuß (Foto: D. A. Hiller)

Der Oberflächenabfluss schneidet sich rillenförmig in die Bodenoberfläche ein; dies führt zu linearen Formen der Erosion. Wenn das an vielen Stellen gleichzeitig geschieht, weil die Stabilität des Bodens bereits überschritten wird, entsteht Rillenerosion (Abbildung 6) mit vielen flachen (bis ca. 10 cm tiefen) Abflussbahnen.

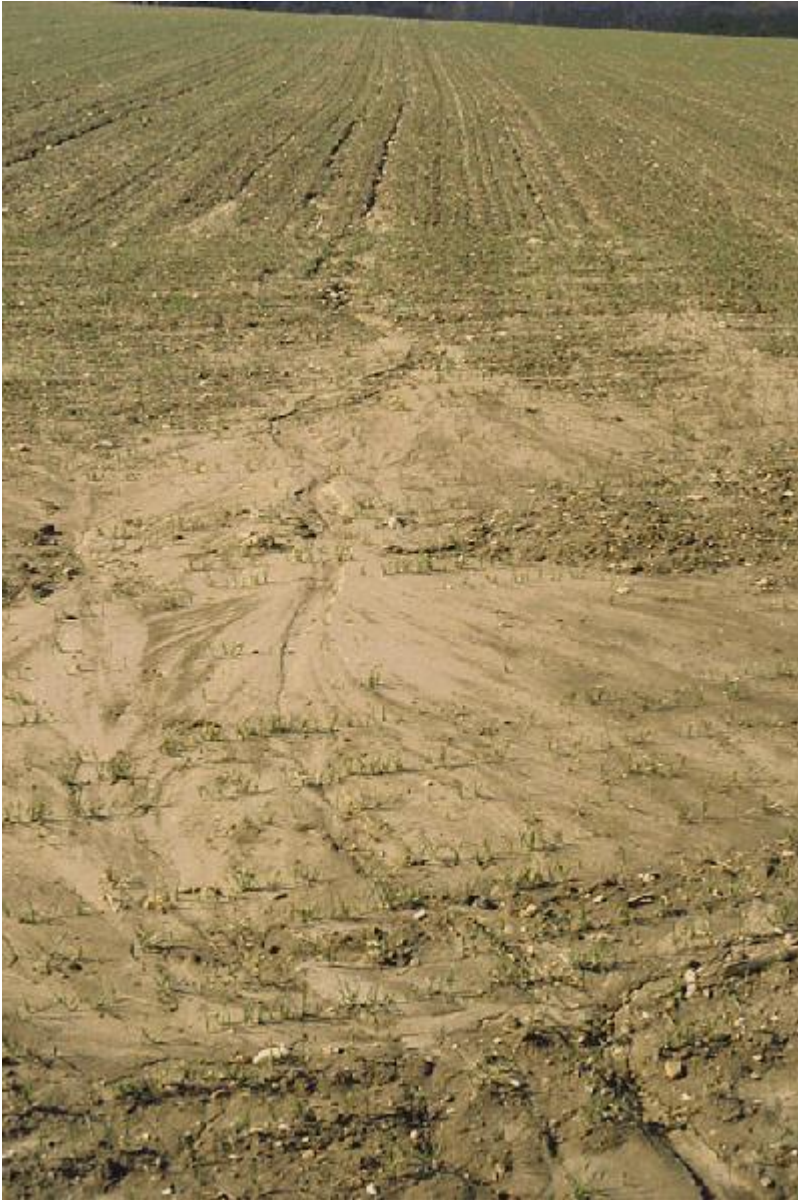


Abb. 6: Zahlreiche bis 10 cm tiefe Erosionsrillen (Foto: D. A. Hiller)

Die Entfernung zwischen den Rillen ist gering, in den Prognosemodellen wird von maximal 1 m ausgegangen. Im Zwischenrillbereich wirkt weiterhin die Flächenerosion, die wesentlich zum Gesamtabtrag beiträgt. Da die Erosion im Zwischenrillbereich und in den Rillen von ähnlichen Prinzipien gesteuert wird, treten beide Erosionsformen in der Natur häufig zusammen auf. Sie werden auch in den meisten Prognosemodellen und bei der Planung von Schutzmaßnahmen gemeinsam behandelt.

Die Mechanismen, die die Prozesse der Schicht- und Rillenerosion steuern, nämlich die Ablösung der Bodenpartikel durch den Regentropfenschlag und der Transport entlang der Bodenoberfläche, verlieren bei der Rinnenerosion (Abbildung 7) an Bedeutung, da der Abtrag zunehmend durch die Konzentration des Abflusses und die damit verbundene wachsende Schleppkraft des Oberflächenabflusses gesteuert wird. Durch die Abtragung des unterlagernden Bodenmaterials vergrößern sich die sichtbaren linearen Erosionsformen im Laufe der Zeit. Die



Erosion erfolgt dabei sowohl in Hangrichtung (Fließrichtung) als auch rückschreitend (hangaufwärts). Man spricht von Rinnenerosion, solange der Boden nicht wesentlich tiefer als die Untergrenze der Bodenbearbeitung (30 – 40 cm) ausgeräumt wird und sich die oberflächlich sichtbaren Erosionsspuren mit den Mitteln der Bodenbearbeitung beseitigen lassen. Diese Erosionsform ist häufig in Geländemulden am Hang zu finden, in denen sich der Abfluss eines großen Einzugsgebietes konzentriert.



Abb. 7: Zahlreiche bis 40 cm tiefe Erosionsrinnen (Foto: D. A. Hiller)

Werden die Rinnen durch fortschreitende Erosion tiefer und lassen sich durch normale Bodenbearbeitung nicht mehr verfüllen, spricht man von Graben- oder Gully-Erosion (Abbildung 8).



Abb. 8: Grabenerosion (Foto: D. A. Hiller)



## 6. Schäden durch Erosion

Probleme der Bodenerosion durch Wasser und ihre Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt sind seit langem bekannt. Besonders nach Starkregenereignissen rücken sie in das Blickfeld der Öffentlichkeit. Es sind jedoch nicht nur die spektakulären Erosionsereignisse, die die Bodenerosion zu einem Problem werden lassen. Von großer Bedeutung sind auch Bodenabträge, die bei durchschnittlichen Niederschlägen in geringerem Ausmaß, dafür aber mit größerer Häufigkeit auftreten. Es ist heute in der Wissenschaft unbestritten, dass der Bodenabtrag bei Unterlassung geeigneter Gegenmaßnahmen langfristig zu einem vollständigen Verlust des fruchtbaren Oberbodens führen kann.

Jedes Jahr entsteht durch Bodenerosion ein volkswirtschaftlicher Schaden in beträchtlicher Höhe. Dazu sind Schäden zu zählen, die nicht nur durch Ernteverluste auf den geschädigten Flächen, sondern auch abseits des eigentlichen Abtrags auftreten.

Auf den Erosionsflächen fließt ein Teil des Niederschlagswassers unproduktiv ab und die Bewirtschaftung der Flächen wird durch die ungleichmäßige Bestandsentwicklung sowie durch entstehende Rinnen und Gräben erschwert. Im Boden befindliche Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel stehen den Pflanzen an den erodierten Flächen nicht mehr zur Verfügung. An den Akkumulationsstandorten kommt es einerseits zu einer unerwünschten Konzentration an Bodeninhaltsstoffen, andererseits zu einer Überspülung des Pflanzenbestandes (Abbildung 9).



Abb. 9: Durch sedimentiertes Bodenmaterial geschädigter Pflanzenbestand  
(Foto: D. A. Hiller)

Neben diesen Kurzzeitschäden entstehen irreversible, sich akkumulierende Langzeitschäden, weil die Gründigkeit des Bodens sowie das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen sinken, wenn der Bodenabtrag die Neubildung des Bodens überschreitet, da die Bodenbildungsrate sehr gering sind. Auch bei sehr tiefgründigen Böden ist daher langfristig mit einer irreversiblen Abnahme der Bodenfruchtbarkeit zu rechnen, zumal durch Erosion die obere, humusreiche Bodenschicht, die für die Ertragsfähigkeit des Standortes von besonderer Bedeutung ist, abgetragen wird.

Zu den Schäden auf den Erosionsflächen, den On-site-Schäden, kommen die Off-site-Schäden dort, wo Sediment und Abfluss akkumulieren. Es entstehen ökonomische Folgekosten zum Beispiel für die Reinigung verschmutzter Wege und Häuser, die Ausbaggerung verlandeter Gewässer und Gräben sowie für die Sanierung von Gewässern, deren ökologisches Gleichgewicht durch den Eintrag von Pflanzenbehandlungsmitteln und Nährstoffen nachhaltig gestört ist.



Abb. 10: Verschmutzte Wege als Folge des Erosionsereignisses (Foto: D. A. Hiller)

Die wesentlichen Schäden sind im Folgenden aufgelistet.

**Beeinträchtigungen und Schädigungen auf der Erosionsfläche (On-site)**

- Verringerung der Bodenfruchtbarkeit durch Nährstoff- und Humusverlust
- Verlust an durchwurzelbarem Feinboden und Beeinträchtigung der daraus resultierenden Bodenfunktionen (Filter-, Puffer-, Speicher- und Transformatorfunktion)
- erschwerte Bewirtschaftung durch tiefe Erosionsrinnen
- Ertragseinbußen durch Verlust von Dünger und Pflanzenbehandlungsmitteln
- Ertragseinbußen durch Verletzung, Entwurzelung und Vernichtung von Kulturpflanzen
- Ertragseinbußen durch unproduktiv abfließendes Niederschlagswasser, das den Pflanzen in regenärmeren Perioden fehlt

**Beeinträchtigung anderer Schutzgüter außerhalb der Erosionsfläche (Off-site)**

- Überdeckung des Pflanzenbestandes am Hangfuß
- Verschlammung von Wegen, Kanalisationen und Gräben
- Eutrophierung von Wässern in Vorflutern durch Nährstoffeinträge
- Verlandung stehender und langsam fließender Gewässer durch Sedimentation
- Gefahr der Toxifizierung der Vorfluter durch Eintrag von Schadstoffen und Pflanzenbehandlungsmitteln
- Gefahr von Überschwemmungen, da der Boden seine Funktion als Wasserspeicher nicht mehr erfüllt

## 7. Schutzmaßnahmen

Den besten Schutz vor On-site-Schäden durch Bodenerosion bietet eine ständig bedeckte Bodenoberfläche. Die Bodenbedeckung schützt vor dem Tropfenaufprall, vermindert die Abflussgeschwindigkeit, erhöht die Bodenfeuchte an der Bodenoberfläche und fördert die Anlage von Vertikalporen durch Wurzeln und Regenwürmer und damit die Infiltrationskapazität des Bodens. Die Bodenbedeckung muss nicht dauernd sein, sondern nur in Zeiten erosiver Regen. Die Anbaufrüchte sind im Idealfall so zu wählen, dass der Boden dann hinreichend bedeckt ist, wenn die Wahrscheinlichkeit für erosive Niederschläge am größten ist. Dazu ist es notwendig, Kenntnisse über die langjährige Niederschlagscharakteristik zu erarbeiten, die Bestandteil eines entsprechenden Anbau- und Beratungsmanagements sind.

Bei ackerbaulicher Nutzung und konventioneller Anbautechnik ist der Boden unmittelbar nach der Saat am wenigsten bedeckt und somit die Erosionsgefährdung am größten. Durch minimale oder konservierende Bodenbearbeitung lässt sich auch unmittelbar nach der Saat eine ausreichende Bodenbedeckung erreichen.

Oberflächenabfluss kann vermindert werden, indem der Hang quer zum Gefälle bearbeitet wird. Eine kleinflächige vielfältige Landnutzung, in der unterschiedlich gut erosionsgeschützte Flächen nebeneinander vorkommen, verhindert das Entstehen von starkem Oberflächenabfluss und somit auch den Bodenabtrag. Dieser gegenseitige Schutz verschiedener Kulturen wird bewusst im Streifenanbau verwendet, indem die einzelnen Kulturen in Streifen von 10 – 50 m Breite quer zum Gefälle angebaut werden. Der Oberflächenabfluss wird auf den gut bedeckten Streifen gebremst und das Wasser kann versickern.

Im Rahmen von Flurneuordnungsmaßnahmen sollte deshalb unter Erosionsschutzaspekten der Zuschnitt der Fluren so gestaltet werden, dass eine Bearbeitung quer zum Hang ökonomisch sinnvoll ist. Durch Gräben, Wege und Raine kann die erosionswirksame Hanglänge verkürzt werden.

Um im Off-site-Bereich die Bodeneinträge in Gewässer zu verringern, können kleine Sedimentationsbecken in der landwirtschaftlichen Flur angelegt werden. Auch gezielt angelegte Gewässerrandstreifen verringern den Stoffeintrag in Gewässer. Diese Maßnahmen sind aber nur begleitend für den Gewässerschutz geeignet, da die eigentlichen Ursachen für den erhöhten Bodenabtrag nicht betroffen werden.

## 8. Auswertung zur Erosionsgefährdung der Böden in Nordrhein-Westfalen

Die Kennzeichnung der Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser erfolgt nach dem Ansatz der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG). Dargestellt wird die "Natürliche Erosionsgefährdung durch Wasser (DIN 19708:2022-08)" Das Ergebnis ist ein langjährig zu erwartender mittlerer Bodenabtrag als Funktion verschiedener empirisch ermittelter Größen, mit denen der Einfluss des Klimas, des Bodens und der Morphologie auf das Abtragungsgeschehen abgebildet wird. Im Gegensatz zu physikalisch begründeten Ansätzen zur Erosionsmodellierung ist die ABAG kaum in der Lage, einzelne Erosionsereignisse zu sicher vorherzusagen. Ihre Stärke ist ihre relativ einfache Handhabung. Sie kommt mit wenigen Informationen zu einem langfristigen und aussagestarken Ergebnis, so dass auch ohne große Vorkenntnisse Erosionsgefährdungsabschätzungen möglich sind.

Die Darstellung gibt einen landesweiten Überblick über die Erosionsgefährdung und ist eine wesentliche Grundlagenkarte im Boden- und Gewässerschutz. Aussagen der Karte beziehen sich immer auf ordnungsgemäße Bewirtschaftung der Flächen und mittlere Schlaglänge. Zur genauen Beurteilung der lokalen Gefährdungssituation sollten ergänzend vor Ort Untersuchungen durchgeführt werden. Die erarbeitete Methodik ist maßstabsunabhängig, so dass die Eingangsdaten zum Beispiel auch durch das Programm „ABAG Interaktiv“ (<https://abag.lfl.bayern.de/>) genutzt werden können, um die Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen zu beurteilen. Weitere wichtige Einsatzgebiete der Karte sind:

- landesweite Kulissen zur Erosionsgefährdung der Böden im Rahmen der Agrarpolitik
- Grundlagenkarte für den Boden- und Gewässerschutz
- Übersichtskarte und Gebietskulisse zur Abschätzung des Aufwandes bei Erosionsschutzprogrammen
- landwirtschaftliche Beratung und Schulung
- Agrarstrukturplanung
- Auswahl von Ausgleichsflächen bei UVP-relevanten Planungen (Flächenmanagement im Rahmen der Regionalplanung)
- Ausweisung von Bodenerosionsgefährdungsgebieten

Werden großmaßstäbige Bodenkarten ausgewertet, ergeben sich weitere Einsatzmöglichkeiten:

- Flurbereinigung
- Vorfluterausbau: Feststoffeintrag in fließende und stehende Gewässer
- Straßenbau: Dimensionierung von Gräben und Böschungen unter erosionsgefährdeten Standorten
- einzelfallbezogene landwirtschaftliche Beratung

### 8.1 Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG)

Die hohe räumliche Variabilität der Erosion und ihr episodischer Charakter haben dazu geführt, dass zahlreiche Modelle zur Vorhersage des Ausmaßes des Bodenabtrags und zur Beurteilung der Wirkung von Schutzmaßnahmen entwickelt worden sind. Das am weitesten verbreitete Modell ist die Universal Soil Loss Equation (USLE) (WISCHMEIER & SMITH 1978), auf der auch viele neuere Modelle aufbauen. Die an deutsche Verhältnisse angepasste Form dieses Ansatzes ist die „Allgemeine Bodenabtragungsgleichung“ (SCHWERTMANN & VOGL & KAINZ 1990; DIN19708:2022-08).

Die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG) lautet:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Darin bedeuten:

<b>A</b>	=	langjährig zu erwartender mittlerer Bodenabtrag in $t / (ha * a)$
<b>R</b>	=	Regenerositätsfaktor in $N / (h * a)$
<b>K</b>	=	Bodenerodierbarkeitsfaktor in $(t * h) / (ha * N)$
<b>L</b>	=	Faktor zur Berücksichtigung der erosionswirksamen Hanglänge (dimensionslos)
<b>S</b>	=	Hangneigungsfaktor (dimensionslos)
<b>C</b>	=	Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (dimensionslos)
<b>P</b>	=	Faktor zur Berücksichtigung von Erosionsschutzmaßnahmen (dimensionslos)

Die ABAG wird für die Auswertung der Bodenkarte zur Erosionsgefährdung in NRW verwendet. Dabei werden allerdings nur R-Faktor, K-Faktor und S-Faktor berücksichtigt. Es wird von einer einheitlichen erosionswirksamen Hanglänge ausgegangen (L-Faktor = 1), da zurzeit für eine landesweite Auswertung die Datenbasis für eine differenziertere Betrachtung nicht ausreicht. Böschungen, Schlaggrenzen und kleine Depressionen begrenzen die erosionswirksame Hanglänge. Sie lassen sich mit dem digitalen Geländemodell (Rasterabstand 10 m) jedoch nicht bestimmen. Ferner wird die Flächennutzung standardisiert als Schwarzbrache angenommen (C-Faktor = 1). Auch hier reicht die Datenbasis für eine differenzierte Betrachtung der Flächennutzung nicht aus. Von einer auf der amtlichen Agrarstatistik aufbauenden mittleren Fruchtfolge einer Gemeinde oder eines Landkreises und einem daraus abgeleiteten C-Faktor ist abgesehen worden, um nur die vom Menschen kaum beeinflussbare natürliche Erosionsdisposition darzustellen. Die zusätzliche Betrachtung der Flächennutzung und der erosionswirksamen Hanglänge bleibt einer großmaßstäbigen Auswertung vorbehalten, in der Karten zur Prognose des mittleren Bodenabtrags unter Berücksichtigung verschiedener Flächennutzungen und anderer Erosionsschutzmaßnahmen erstellt werden können. In diesem Maßstab kann auch die Wirksamkeit von Maßnahmen beurteilt werden. Für NRW gibt es solche Auswertungskarten nicht. Bei auftretenden Fragestellungen wird stets eine Einzelfallbetrachtung durchgeführt. Die Internetplattform „ABAG Interaktiv“, welche von LFL Bayern in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer NRW entwickelt wurde, bietet dabei eine Orientierung.

### 8.1.1 Bestimmung des K-Faktors

Die Auswertung zur Erosionsgefährdung der Böden in Nordrhein-Westfalen ist auf der Grundlage verschiedener Bodenkarten von Nordrhein-Westfalen aus dem Informationssystem Boden des Geologischen Dienstes erarbeitet worden:

- eine speziell aufbereitete Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung (DGK5Bo), in die Grablochbeschreibungen der Bodenschätzung sowie weitere Informationen aus dem Fachinformationssystem Boden eingeflossen sind
- Informationssystem Bodenkarte zur landwirtschaftlichen Standorterkundung 1:5.000 (IS BK5L)
- Informationssystem Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000 (IS BK50).

Der *K*-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung wird durch eine mehrstufige Berechnungsvorschrift abgeleitet. Einzelheiten sind der DIN 19708:2022-08 zu entnehmen. Werden wie in der Berechnung für NRW Bodenkarten ausgewertet, kann behelfsweise auch nach Tabelle 3 der DIN (hier Tabelle 1) vorgegangen werden, in der den Bodenarten mittlere *K*-Faktoren zugeordnet sind. Vorzugsweise ist jedoch das in der DIN beschriebene mehrstufige Berechnungsverfahren anzuwenden.

**Tabelle 1— Mittlere *K*-Faktoren in Abhängigkeit von der Bodenart bei einem mittleren Anteil organischer Substanz von 2 %, der Aggregierungsklasse 2 und der bodenartenspezifischen Permeabilitätsklasse bei mittlerer Lagerungsdichte**

Bodenart nach KA5	Mittlerer <i>K</i> -Faktor	Bodenart nach KA5	Mittlerer <i>K</i> -Faktor
Ss	0,08	Lu	0,40
Su2	0,16	Lts	0,16
Su3	0,32	Ts2	0,14
Su4	0,45	Ts3	0,11
Slu	0,39	Ts4	0,11
Sl2	0,18	Tl	0,16
Sl3	0,23	Tt	0,17
Sl4	0,24	Tu2	0,19
St2	0,08	Tu3	0,31
St3	0,12	Tu4	0,42
Uu	0,66	gS	0,03
Us	0,55	mS	0,04
Uls	0,47	mSgs	0,03
Ut2	0,58	mSfs	0,05
Ut3	0,55	fSgs	0,11
Ut4	0,49	fSms	0,12
Ls2	0,33	fS	0,25
Ls3	0,27	gSms <sup>(1)</sup>	0,03
Ls4	0,19	gSfs <sup>(1)</sup>	0,05
Lt2	0,26	ffs <sup>(1)</sup>	0,70
Lt3	0,21		

<sup>(1)</sup> weitere in NRW verwendete Sandbodenarten, *K*-Faktoren durch Analogieschluss abgeleitet

Abweichungen im Anteil an organischer Substanz und unterschiedliche Steingehalte im Boden werden mit den in der DIN 19708:2022-08 angegebenen Formeln berücksichtigt.



### 8.1.2 Bestimmung des R-Faktors

Der R-Faktor stellt das Maß für die gebietspezifische Erosionswirksamkeit des Niederschlags dar. Mit der DIN 19708-2022-08 wird das bisherige Verfahren auf Basis von 65 Niederschlagsmessstationen mit hochauflösenden Niederschlagszeitreihen ersetzt durch RADKLIM-Daten des Deutschen Wetterdienstes. Dabei handelt es sich um radargestützte Messungen, die seit 2001 flächendeckend für ganz Deutschland vorliegen.

Bestimmt wird die Summe der kinetischen Energie der erosionswirksamen Niederschlagsereignisse und der maximalen Niederschlagsintensität der Ereignisse bezogen auf ein 30-Minuten-Zeitfenster. Als erosionswirksamer Niederschlag gilt dabei ein Ereignis mit einer Niederschlagsmenge vom mindestens 12,7 mm oder einer Niederschlagsintensität von mindestens 12,7 mm/h bezogen auf ein 30 Minuten Intervall. Als Trennung zwischen zwei Niederschlagsereignissen gilt ein niederschlagsfreies Intervall von mindestens 6 h.

Die Gleichung zur Berechnung des erosionswirksamen Niederschlags findet sich in der DIN 19708-2022-08. Die Messdaten werden allerdings direkt vom DWD aufbereitet. Dabei erfolgt auch eine räumliche- und zeitliche Korrektur, welche die messspezifischen Unterschiede zwischen den RADKLIM-Daten mit den ehemaligen Stationsdaten ausgleicht. Die daraus berechneten R-Faktoren lassen sich auf der Website des DWD aufrufen und herunterladen. Für eine statistische Sicherheit sollten die R-Faktoren für einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren betrachtet werden. Das mittlere Jahr gilt dabei als Zentraljahr. Über eine Regressionsgleichung lassen sich auch R-Faktoren in die Zukunft prognostizieren.

### 8.1.2 Bestimmung des S-Faktors

Datengrundlage für die Bestimmung des S-Faktors ist das digitale Geländemodell von Geobasis NRW (DGM 10), mit einem Rasterabstand von 10 m. Aus diesem Modell werden die Hangneigungen berechnet, indem für jeden Rasterpunkt die Höhendifferenzen zu den umliegenden acht Nachbarpunkten ermittelt werden. Die größte Höhendifferenz wird als Neigung für die betrachtete Rasterzelle verwendet. Den so ermittelten Neigungen werden die S-Faktoren nach dem von Nearing (1997) empfohlenen Ansatz zugeordnet.

$$S = -1,5 + \{17 / (1 + e^{2,3 - 6,1 \sin \alpha})\}$$

Dabei ist

$S$  der Hangneigungsfaktor

$\alpha$  die Hangneigung, in Grad.



## 8.2 Natürliche Erosionsgefährdung nach DIN 19708:2022-08

Durch Verknüpfung der K-, R- und S-Faktoren der ABAG erhält man entsprechend den Vorgaben der DIN 19708:2022-08 als Ergebnis die „natürliche Erosionsgefährdung“ der Böden.

**Tabelle 2: Einstufung der natürlichen Erosionsgefährdung ( $E_{nat}$ ) durch Wasser**

Stufen der natürlichen Erosionsgefährdung		Bodenabtrag in t/(ha·a)
Kurzzeichen	Benennung	
$E_{nat0}$	keine bis sehr geringe Erosionsgefährdung	< 0,5
$E_{nat1}$	sehr geringe Erosionsgefährdung	0,5 bis < 2,5
$E_{nat2}$	geringe Erosionsgefährdung	2,5 bis < 5,0
$E_{nat3}$	mittlere Erosionsgefährdung	5,0 bis < 7,5
$E_{nat4}$	hohe Erosionsgefährdung	7,5 bis < 15,0
$E_{nat5}$	sehr hohe Erosionsgefährdung	15,0 bis < 27,5
$E_{nat6}$	extrem hohe Erosionsgefährdung	≥ 27,5

In der Legende wird bewusst davon abgesehen, Gewichts- oder Mengenangaben zur Höhe des mittleren jährlichen Bodenabtrags zu machen, um nicht eine dem Maßstab und der Datengrundlage unangemessene Genauigkeit vorzutäuschen.

## 8.3 Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Flächen nach der GAP-Konditionalitätenverordnung

Die Erosionsgefährdung hat auch einen bedeutenden Einfluss auf Direktzahlungen für Landwirtinnen und Landwirte. Die aktuellen Vorgaben zur Agrarförderung ergeben sich aus der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP). Aus der GAP-Konditionalitätenverordnung (GAP-KondV), welche ab 2023 das bisher gültige Cross Compliance ablöst, ergibt sich auf Landesebene die „Verordnung zur Umsetzung der GAP-Konditionalität“ ([https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_vbl\\_detail\\_text?anw\\_nr=6&vd\\_id=21204](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=6&vd_id=21204)). Diese Verordnung regelt in Nordrhein-Westfalen die verbindliche Einteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nach dem Grad der Wasser- und Winderosionsgefährdung. Sie richtet sich an Betriebsinhabende, die auf erosionsgefährdeten Ackerflächen für die Dauer des Bezugs von Direktzahlungen oder sonstigen Stützungszahlungen zur Erosionsvermeidung verpflichtet sind. Entsprechend dieser Verordnung gibt es eine Auswertung der Erosionsgefährdung, die methodisch der ABAG folgt, jedoch eine von der DIN abweichende Klassifizierung der Erosionsgefährdung vorsieht. Die Karte dieser Auswertung findet sich unter <https://www.erosion.nrw.de/indexGAPKondV.html>. Dieses Informationssystem zeigt die Grundlagendaten der natürlichen Erosionsgefährdung sowie die daraus abgeleitete rechtsverbindliche Einstufung der Feldblöcke in NRW. Darüber hinaus finden sich im Portal Verweise auf die zugrunde liegenden Rechtsgrundlagen – GAPKondV und die daraus abgeleitete Verordnung für NRW. Die potenzielle Erosionsgefährdung nach GAPKondV wird wie folgt klassifiziert:

Tab. 3: Einstufung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser gemäß GAPKondV

Wassererosionsgefährdungsklasse	Bezeichnung	$K * R * S^{(1)}$
$K_{\text{Wasser}1}$	Erosionsgefährdung	0,3 0,55
$K_{\text{Wasser}2}$	hohe Erosionsgefährdung	$\geq 0,55$

<sup>(1)</sup>Bestimmung der natürlichen (standortbezogenen) Erosionsgefährdung durch Wasser nach DIN 19708:2022-08.

## 9 Literatur

- AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung: Hannover. – [BGR und Staatliche Geologische Dienste der BRD, 5. Auflage.]
- Amelung, W; Blume, H.-P., Fielge, H., Horn, R.; Kaneler, E.; Knabner, I. K.; Kretzschmar, R.; Stahr, K.; Wilke, B.-M. (2018): SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL Lehrbuch der Bodenkunde; Heidelberg – [17. Auflage]
- Auerswald, K. (1993): Bodeneigenschaften und Bodenerosion, Wirkungswege bei unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben. (Relief Boden Paläoklima 8); Berlin, Stuttgart.
- Auerswald, K.; Berger, P. von (1998): Bodenerosion durch Wasser, Ursachen, Schutzmaßnahmen und Prognose mit <sup>PC</sup>ABAG; Bonn: – [Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (AID)].
- Auerswald, K.; Elhaus, D. (2013): Ableitung der Bodenerodierbarkeit K anhand der Bodenart. (In: Bodenschutz 2013/4): 109-113. – [<https://doi.org/10.37307/j.1868-7741.2013.04>, letzter Zugriff 08.09.2023].
- Auerswald, K.; Elhaus, D.; Martin, W. (2016): Wassererodierbarkeit von Böden der Bodenart Sand (Ss). (In: Bodenschutz 2016/2): 42-45. – [<https://doi.org/10.37307/j.1868-7741.2016.02>, letzter Zugriff am 08.09.2023]
- Auerswald, K.; Kagerer, J. (1997): Erosionsprognose-Karten im Maßstab 1:5000 für Flurbereinigungsverfahren und Landwirtschaftsberatung. (Bodenkultur Pflanzenbau 2); Freising.
- Auerswald, K.; Fischer, F. K.; Winterrath, T.; Elhaus, D.; Maier, H.; Brandhuber, R. (2019): Klimabedingte Veränderung der Regenerosivität seit 1960 und Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen. (In: Bachmann G.; König W.; Utermann J. (Hrsg.) Bodenschutz, Ergänzendes Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser (Loseblattsammlung)); Berlin.
- Auerswald, K.; Schmidt, F. (1986): Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern: Karten zum flächenhaften Bodenabtrag durch Regen. (GLA Fachberichte 1) München. – [Bayrisches Geologisches Landesamt].
- Botschek, J. (1999): Zum Bodenerosionspotential von Oberflächen- und Zwischenabfluss. (Bonner bodenkundliche Abhandlungen 29); Bonn.
- Bundesamt für Justiz; Bundesministerium der Justiz (2022): Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik geltenden Konditionalität (GAP-Konditionalitäten-Verordnung – GAPKondV). – [<https://www.gesetze-im-internet.de/gapkondv/BJNR224400022.html>, letzter Zugriff: 08.09.2023].
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE); Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL);(2022): Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz; Bad Oeyenhausen. – [3. Auflage].
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) [Hrsg.] (1990): Grundlagen der Verdunstungsermittlung und Erosivität von Niederschlägen. (DVWK Schriftenreihe

- 86); Hamburg, Berlin.
- DIN 19708:2022-08 (2022): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG; Berlin.
- Dietz, T. (1993): Erosionsschäden vermeiden. (AID Heft 1108); Bonn. – [Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (AID)].
- Everding, Ch. (1998): Kennzeichnung des Erosionsverhaltens und der Erosionsanfälligkeit verschieden texturierter Ackerböden Nordrhein-Westfalens mit Hilfe von Feldberegnungen. (Bonner bodenkundliche Abhandlungen 24); Bonn.
- Genssler, T.; Hädicke, A.; Hübner, T.; Jakob, S.; König, H.; Mehlig, B.; Michels, C.; Neumann, P.; Rosenbaum-Mertens, J.; Seidenstücker, C.; Sträter, E.; Straub, W.; Werking-Radtke, J; Koch, C. (2010): Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Daten und Hintergründe (LANUV Fachbericht 27); Recklinghausen. – [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen].
- Gündra, H.; Jäger, S.; Schroeder, M.; Dikau, R. (1995): Bodenerosionsatlas Baden-Württemberg. (Agraforschung in Baden-Württemberg 24); Stuttgart.
- Hoegen, B.; Brink, C.; Botschek, J. (1995): Bodenerosion in Nordrhein-Westfalen - Gefährdung und Schutzmaßnahmen. (Forschungsberichte 30); Bonn. – [Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Lehr- und Forschungsschwerpunkt “Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft”].
- Kehl, M. (1997): Experimentelle Laboruntersuchungen zur Dynamik der Wassererosion verschieden texturierter Ackerböden Nordrhein-Westfalens (Bonner Bodenkundliche Abhandlungen 21); Bonn.
- Kemper, T; Hein, S; Neht, A; Prenger-Beringhoff, K.; Welfers, L.; Witte, A.; Bamminger, C.; Eickenscheidt, N.; Grothues, E.; Grüneberg, C.; Kauke, N.; Kehnen, F.; Klosterköther, A.; Kolkt, J.; Kruse, A.; Kunzmann, A.; Petrak, M.; Seidenstücker, C.; Trottenberg, S.; Wolff, I.; Fleischer, B.; Borgmann, W. (2021): Klimabericht NRW 2021. Klimawandel und seine Folgen – Ergebnisse aus dem Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring. (LANUV Fachbericht 120); Recklinghausen. – [Landesamt für Natur- Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen].
- Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen (2023): Verordnung zur Umsetzung der GAP-Konditionalität in Nordrhein-Westfalen. – [[https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_vbl\\_detail\\_text?anw\\_nr=6&vd\\_id=21204](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=6&vd_id=21204), letzter Zugriff: 08.09.2023].
- Nearing, M. A. (1997): A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. (In: Soil Science Society of America Journal Volume 61, Issue 3): 917-919. – [<https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100030029x>, letzter Zugriff 08.09.2023].
- Richter, G. [Hrsg.] (1998): Bodenerosion - Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt.
- Roth, C.; Helmig, K.; Fohrer, N. (1995): Oberflächenverschlammung und Abflußbildung auf Böden aus Löss und pleistozänen Sedimenten. (In: Zeitschrift für Pflanzenernährung

und Bodenkunde 158,1): 37-41; Weinheim.

Sauerborn, P. (1994): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland – Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa. (Bonner Bodenkundliche Abhandlungen 13); Bonn.

Schwertmann, U.; Vogl, W.; Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser : Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen; Stuttgart – [2. Auflage].

Wischmeier, W.; Smith, D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Loss: A Guide to Conservation Planning. (The USDA Agricultural Handbook 537); Maryland.

## 10 Glossar

### **Aggregatgefüge**

Diskrete Gefügekörper, die untereinander deutlich abgesetzt sind. Aggregatgefüge sind typisch für einzelne Bodenhorizonte.

### **Akkumulation**

Ablagerung von Erosionsmaterial infolge nachlassender Transportkapazität des Oberflächenabflusses.

### **Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG); Universal Soil Loss Equation (USLE)**

Empirische Gleichung (WISCHMEIER-Gleichung) zur Abschätzung eines mittleren jährlichen Bodenabtrags durch Wasser; es gilt:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Darin bedeuten:

A	=	langjährig zu erwartender mittlerer Bodenabtrag in $t / (ha * a)$
R	=	Regenerositätsfaktor in $N / (h * a)$
K	=	Bodenerodierbarkeitsfaktor in $(t * h) / (ha * N)$
L	=	Faktor zur Berücksichtigung der erosionswirksamen Hanglänge (dimensionslos)
S	=	Hangneigungsfaktor (dimensionslos)
C	=	Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (dimensionslos)
P	=	Faktor zur Berücksichtigung von Erosionsschutzmaßnahmen (dimensionslos)

### **Bodenaggregate**

Zusammenlagerung einzelner Bodenpartikel zu Körpern unterschiedlicher Form und Größe, die infolge bodenbildender Prozesse entstehen. Mehrere Bodenaggregate bilden das Aggregatgefüge eines Bodens.

### **Bodenart**

Kennzeichnung des mineralischen Bodenmaterials nach seiner Korngröße (Sand, Schluff, Ton).

### **Bodenartendiagramm**

Darstellung der Bodenarten in einem rechtwinkligen Dreiecksdiagramm, aus dem bei bekannten prozentualen Anteilen der Kornfraktionen Schluff und Ton die entsprechende Bodenart ermittelt werden kann.

### **Bodenerodierbarkeit**

Maß für die Erosionsanfälligkeit des Oberbodens durch Niederschlag. Die von Bodenart, Humusgehalt, Aggregatstabilität und Steinbedeckung abhängige Größe geht als K-Faktor in die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung ein.

### **Bodengefüge**

Beschreibt die räumliche Anordnung der Bodenteilchen zueinander. Es hat wesentlichen Einfluss auf den Wasser- und Lufthaushalt, die Verfügbarkeit von Nährstoffen sowie auf mechanische Eigenschaften und Erosionsanfälligkeit von Böden.

### **Bodenwertzahlen**

Wertzahlen der Bodenschätzung; Abhängig von Ackerland oder Grünland werden Bodenzahl und Ackerzahl bzw. Grünlandrundzahl und Grünlandzahl angegeben.

### **Bodenzahl**

Mithilfe des Ackerschätzungsrahmens ermittelte Wertzahl des Ackerbodens aufgrund von Bodenart, Entstehungsart und Zustandsstufe.

### **Digitales Geländemodell**

Darstellung der Geländeformen durch ein regelmäßiges Punktgitter mit einer Weite von 50 m (DGM 50) oder 10 m (DGM 10). Die Lage der Punkte ist in Gauß-Krüger-Koordinaten, die Gitterpunkthöhen sind in Werten über Normalnull (NN) angegeben.

### **Erosion (Bodenabtrag)**

Abtrag und Abtransport von Bodenmaterial durch Kräfte des Wassers und des Windes. Man unterscheidet verschiedene Erosionsformen.

### **Erosionsform**

Typisierung von Erosionserscheinungen einschließlich der Ablagerungsformen mit dem Ziel einer systematischen Unterteilung des Erosionssystems.

### **Erosionssystem**

Gesamtheit aller Erosionserscheinungen eines lokalisierten Schadensfalles. Auf einer Grundstücksparzelle können sich mehrere Erosionssysteme befinden. Ein Erosionssystem kann sich auch über mehrere Grundstücksparzellen erstrecken.

### **Flächen- oder Schichterrosion**

Flächenhafte Erosionsform, die an der Bodenoberfläche durch Kleinstrillen (< 2 cm Tiefe) sichtbar ist.

### **Fremdwasserzufluss**

Zufluss von Wasser auf eine Fläche, das als Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss außerhalb der betrachteten Fläche entstanden ist, auf dieser aber zu Schäden führt.

### **Graben- oder Gully-Erosion**

Große lineare Erosionsform mit tiefen Gräben (> 40 cm Tiefe), die bei Starkregen weiter vertieft werden. Sie sind durch normale Bodenbearbeitung nicht mehr zu verfüllen.

### **Grobboden**

Der durch Siebung des Gesamtbodens abgetrennte Masseanteil mit einem Korndurchmesser >2 mm.

### **Gründigkeit**

Tiefe, bis zu der Pflanzenwurzeln (ohne besondere Anpassungen) unter den gegebenen Verhältnissen tatsächlich in den Boden einzudringen vermögen (potenzielle Durchwurzelbarkeit).

### **Grünlandgrundzahl**

Mithilfe des Grünlandschätzungsrahmens ermittelte Wertzahl des Grünlandbodens aufgrund von Bodenart, Zustandsstufe, Klima und Wasserverhältnissen.

### **Humus**

Feinverteilte organische Substanz im Boden (außer Kohle und anthropogenen Kohlenstoffverbindungen). Humus besteht aus abgestorbenen Pflanzen- und Tierresten, die ständig weiter umgewandelt und abgebaut werden. In der Regel reduziert ein hoher Humusgehalt die Erodierbarkeit der Böden.

### **Infiltrationskapazität, Infiltrationsrate**

Wassermenge, die in einer bestimmten Zeiteinheit je Flächeneinheit senkrecht in den Boden eindringt.

### **Isoerodentenkarte**

Karte mit Linien gleicher Regenerositäten. Der Isoerodentenkarte kann die gebietspezifische Erosionswirksamkeit der Niederschläge (R-Faktor) entnommen werden.

### **Kolluvisol**

Boden aus verlagertem, oft humosem Bodenmaterial, das durch Wasser von Hängen abgespült und am Hangfuß, in Senken und kleinen Tälern akkumuliert wurde.

### **Leitlinien**

Natürlich (z. B. Dellen, Mulden) oder künstlich (z. B. Ackerrandfurchen, Schlepperspuren) angelegte Bahnen, in denen sich Oberflächenwasser konzentrieren kann. Leitlinien können damit im besonderen Maße lineare Bodenerosion auslösen bzw. auch selbst davon betroffen werden.

### **Naturräumliche Einheit**

Die naturräumliche Einheit ist ein Landschaftsraum, der sich durch eine einheitliche Ausprägung der Geofaktoren wie Relief, Geologie, Wasser und Vegetation auszeichnet. Die naturräumlichen Einheiten werden nach ihrer Dimension durch die naturräumliche Gliederung hierarchisch geordnet. Kleinste Einheiten sind die Geoökotope, oberste Einheiten die Großregionen, die kontinentales Ausmaß erreichen können. Zuständig für die verbindliche naturräumliche Gliederung Deutschlands ist die Bundesforschungsanstalt für Raumordnung. Veröffentlicht werden von dieser Forschungsanstalt Übersichtskarten im Maßstab 1:200.000.

### **Neubildungsrate des Bodens**

Rate, mit der Boden neu gebildet wird. Die Bodenneubildungsraten sind sehr gering und bewegen sich in der Größenordnung von 0,1 - 1 t / ha \* a. Der mittlere Bodenabtrag in Mitteleuropa beträgt ca. 8 t / ha \* a.

### **Oberboden**

Der bei Ackerflächen unter Pflug genommene Teil (30 – 40 cm unter Flur) des Bodens bzw. der stark durchwurzelte Bereich unter Grünland.



### **Oberflächenabfluss**

Niederschlagswasser, das nicht versickert oder verdunstet, sondern auf der Bodenoberfläche abfließt. Der Oberflächenabfluss hängt u. a. vom Feuchtezustand, der Infiltrationskapazität und der Durchlässigkeit des Bodens ab.

### **Off-site-Schäden**

- Schäden durch Abfluss des Wassers und Akkumulation des Bodenmaterials abseits der Fläche auf der das eigentliche Erosionsereignis stattfindet Beispielsweise die Verschlämmung von Wegen, Kanalisationen und Gräben.

### **On-site-Schäden**

- Schäden, die durch das eigentliche Erosionsereignis, den Bodenabtrag entstehen, beispielsweise Verringerung der Bodenfruchtbarkeit durch Nährstoff- und Humusverlust.

### **Regenerosivität**

Maß für die Erosionswirksamkeit des Niederschlags auf den Boden. Die von der Niederschlagsintensität abhängige Größe geht als R-Faktor in die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung ein.

### **Rillenerosion**

Kleine lineare Erosionsform mit zahlreichen 2 – 10 cm tiefen Rillen. Die Entfernung zwischen den Rinnen beträgt in der Regel weniger als 1 m.

### **Rinnenerosion**

Mittlere lineare Erosionsform mit 10 – 40 cm tiefen Erosionsrinnen, die sich in der Regel noch mit der normalen Bodenbearbeitung verfüllen lassen.

### **Schwarzbrache**

Durch mehrmaliges Umpflügen eines Feldes wird die Wasserversorgung der auf dem Feld befindlichen Pflanzen unterbrochen mit dem Ziel der Beseitigung der Unkräuter. Der vegetationslose Boden ist in dieser Zeit ungeschützt der Erosion ausgesetzt.

### **Sedimentation**

Prozess, in dem Boden, der sich in Suspension befindet, schwerkraftbedingt abgelagert wird (s. Akkumulation).

### **Verschlämmung**

Zerstörung oberflächennaher Bodenaggregate durch Wasser. Unter dem Einfluss z. B. des Regenwassers quellen und dispergieren Bodenaggregate und können als Suspension in den Boden einsickern. Durch Verstopfen der Poren kommt es zu einer Reduzierung der Infiltrationskapazität des Bodens. Verschlämmungs- und Erosionsanfälligkeit von Böden hängen eng miteinander zusammen.

### **Zwischenabfluss**

Oberflächennaher lateraler Abfluss im Boden.