



Bodenerosion in Hessen: Neues von der Gefahrenabwehr

Fabian Achten: Dezernat G3 – Boden und Altlasten



Bodenerosion Schema und Realität

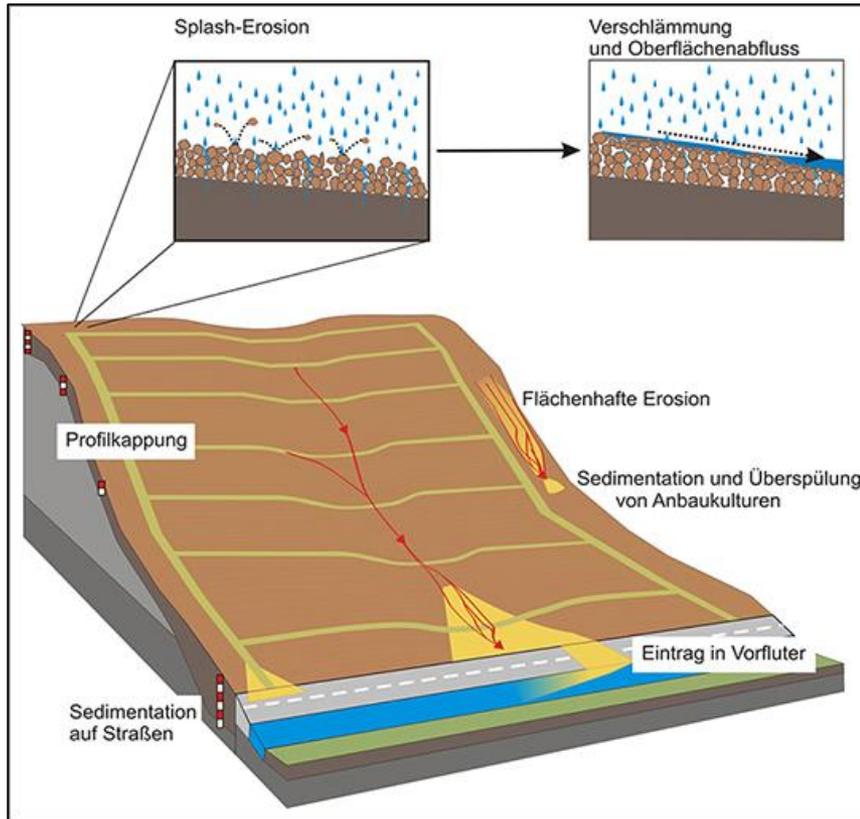


Abb. 1: Schematischer Ablauf von Wassererosion (Quelle: BGR.bund.de)



Abb. 2: Erosionserscheinung auf einem Acker im Taunus (Foto: Achten 2019)



Abb. 3: Erosionsrinnen auf einer Ackerfläche (Foto: HLNUG)



Abb. 4: Erosionsgraben auf einer Ackerfläche (Foto: HLNUG)



Abb. 5: Flächenhafte Erosionsschäden auf einem Maisacker (Foto: HLNUG)

Gefahren durch Bodenerosion

- **Auf der Erosionsfläche = On-Site-Bereich:**
 - Verlust von Humus
 - Abnahme der Bodenmächtigkeit
 - Reduktion des Wasserspeichervermögens
 - Verlust von Nährstoffen
- irreversibler Verlust der Bodenfunktionen und Abnahme der Bodenfruchtbarkeit
 - Ernteeinbußen bzw. erhöhter Bearbeitungs-/Düngeaufwand



Abb. 6: Erosionsbedingter Eintrag von Bodenmaterial in eine Siedlung (Foto: HLNUG)

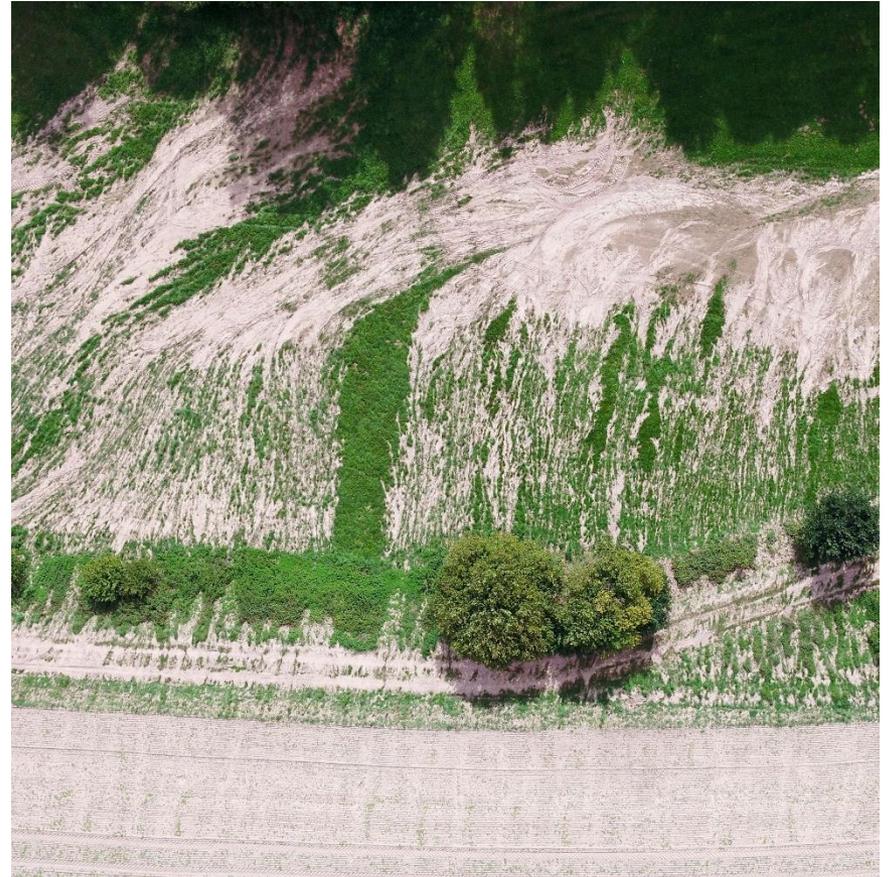


Abb. 7: Übertritt von erodiertem Bodenmaterial aus einer Ackerfläche in eine benachbarte Fläche (Foto: HLNUG)

Gefahren von Bodenerosion



Abb. 8: Schäden durch Schlammeintrag in die Ortschaft Dornholzhausen (Foto: Feuerwehr Langgöns 2020)

Gefahren durch Bodenerosion

- **Abseits der Erosionsfläche = Off-Site-Bereich:**
 - Eintrag von Bodenmaterial in angrenzende Flächen
 - Schäden an Gebäuden, Straßen, Entwässerung etc.
 - Beeinträchtigung anderer Ökosysteme durch Nährstoff- und Sedimenteinträge
 - als Folge z. B. Eutrophierung von Gewässern

Rechtlicher Hintergrund nach Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)

- **Ziel:** Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen (§ 1)
- **Schädliche Bodenveränderungen:** Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die erhebliche Gefahren, Nachteile, Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeiführen (§ 2)
- **Pflicht zur Gefahrenabwehr:** Eigentümer/Bodennutzer sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr von drohenden schädlichen Bodenveränderungen zu treffen (§ 4)
- **Vorsorgepflicht:** Eigentümer/Bodennutzer sind verpflichtet, Vorsorge gegen das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung zu treffen (§ 7)

„Gefahrenabwehr“ (nach BMVEL 2002)

- Für die Landwirtschaft ergeben sich die Pflichten zur Gefahrenabwehr im Rahmen des BBodSchG aus den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis (§ 17).
- Diese Grundsätze sollen vorsorgend durch Beratung (LLH) vermittelt werden.
- Ihre Einhaltung kann auch von der zuständigen Behörde (OBB) angeordnet werden (Gefahrenabwehr). Vorausgesetzt: Ein im Einzelfall festgestellter Gefahrentatbestand ist gegeben.

Vorsorge	Gefahrenabwehr
Schadenseintritt ist aufgrund praktischer Vernunft ausgeschlossen, wohl aber möglich	Schadenseintritt ist hinreichend wahrscheinlich
Bereich des Restrisikos	Nicht mehr hinnehmbares Risiko

Gefahrenabwehr von Bodenerosion durch Wasser

- Gefahrenabwehr von Bodenerosion durch Wasser nach § 9 der BBodSchV
- Eine schädliche Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser liegt vor wenn:
 1. erhebliche Mengen Bodenmaterial von einer Erosionsfläche abgetragen wurden **und**
 2. weitere erhebliche Bodenabträge zu erwarten sind.

→ Kriterien:

1. „Erheblichkeit“
2. „Wiederkehrwahrscheinlichkeit“

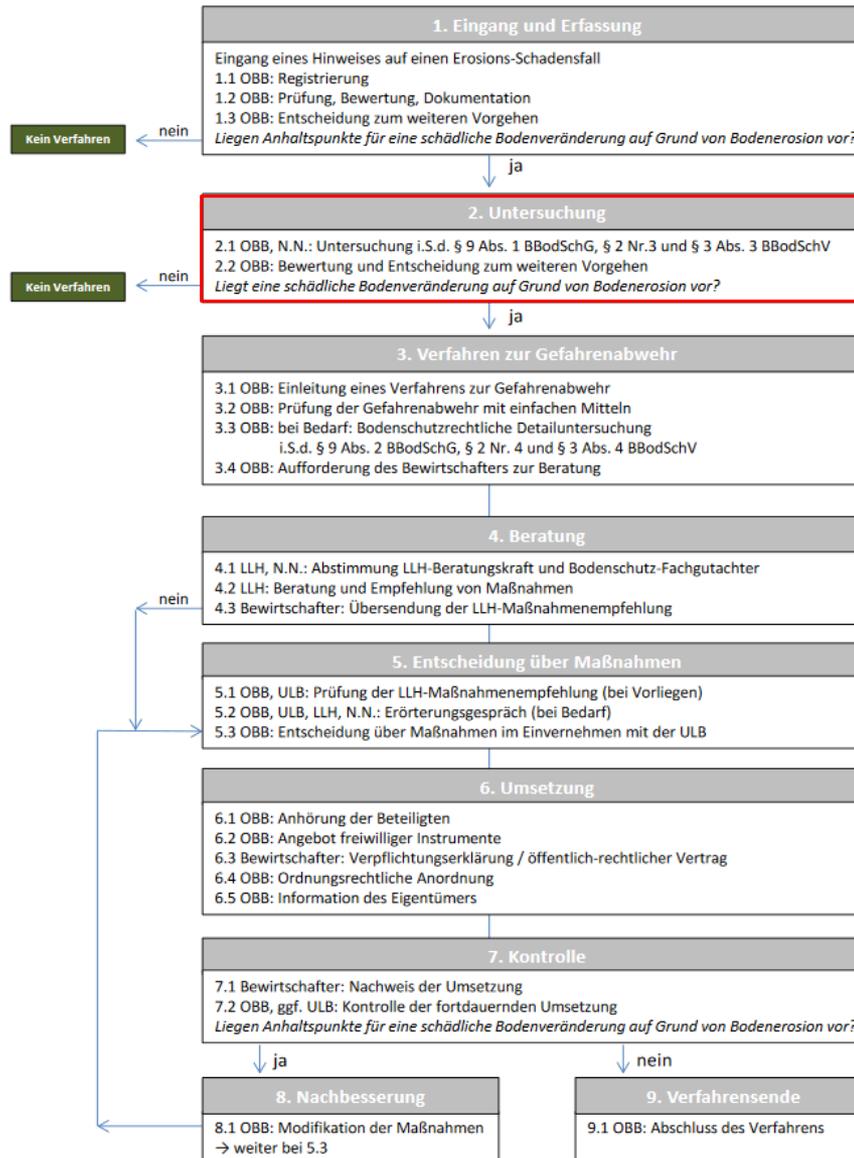
So viel zur Theorie...

- Die Möglichkeit der Bodenschutzbehörden, Anordnungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion zu treffen wurde in Hessen bis 2020 in keinem (bekanntem) Fall genutzt.
- „Präzedenzfall“ Birkenau: wiederholt massiver Fall von Bodenerosion in der Gemeinde Birkenau (2016) → Gefahrenabwehr? – nicht so einfach...
 - Der Fall legte diverse Schwierigkeiten offen
 - Wer ist zuständig?
 - Wer kann in Haftung genommen werden?
 - Was ist „höhere Gewalt“?
 - Druck von betroffenen Anwohnenden und Bewirtschaftenden
 - Keine Erfahrungen bei Fällen zur Gefahrenabwehr

Herausforderungen bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion

- **Strukturell:**
 - Keine Erfahrungswerte bei Vollzugsbehörden mit den Verfahren
 - Unkenntnis über die Möglichkeiten zur Anordnung von Maßnahmen
 - Geringes Problembewusstsein im Zusammenhang mit Bodenerosion
 - Unklarheiten über Zuständigkeiten (viele Akteure)
- **Rechtlich/fachlich:**
 - Geringe Fachkenntnisse: u. a. Erfassung des Schadensausmaßes eines Erosionsereignisses vor Ort (Dokumentation & Quantifizierung)
 - Unscharfe Beurteilungskriterien:
 - Wann sind Bodenabträge „erheblich“?
 - Wie wahrscheinlich sind weitere Bodenabträge in zehn Jahren?
 - Keine ausreichenden Bewertungsgrundlagen

Verfahrensablauf zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion durch Wasser - Ablaufschema



Unterstützung durch HLNUG

Abb. 9: Ablaufschema Gefahrenabwehr von Bodenerosion durch Wasser (HMUKLV 2020)

Aufgaben des HLNUG bei der Gefahrenabwehr von Bodenerosion

- Identifikation der Erosionsfläche(n)
 - *Liegen Erosionsformen und Übertrittstellen vor?*
- Erfassung erkennbarer Schadensmerkmale
 - *Erosionskartierung (Verortung, Dokumentation & Quantifizierung der Erosionsschäden)*
- Ermittlung der Bewirtschaftungssituation
 - *Welche(r) Anbaukultur, Bodenbearbeitung, Bodenzustand?*
- Beurteilung der Erheblichkeit des Bodenabtrags
 - *Bewertung der Erosionsschäden*
- Bestimmung der Wiederkehrwahrscheinlichkeit
 - *Wurden in den vergangenen zehn Jahren bereits erhebliche Mengen Bodenmaterial aus derselben Fläche geschwemmt?*
 - *Ergibt sich aus Standortdaten, dass erhebliche Bodenabträge in den nächsten zehn Jahren hinreichend wahrscheinlich erneut auftreten werden?*
- Prüfung einer „Gefahrenabwehr mit einfachen Mitteln“
- Benennung geeigneter Erosionsschutzmaßnahmen
- Bodenschutz-Fachgutachten

Aufnahme von Erosionsschäden



Abb. 10: Aufnahme von Erosionserscheinungen auf Ackerflächen (Fotos HLNUG)

- Begehung der Erosionsfläche(n) – möglichst kurze Zeit nach dem Schadensereignis
- Beschreibung, Dokumentation und Quantifizierung aller erkennbarer Erosionsschäden
- Ggf. Zuhilfenahme von Anwohneraussagen, Fotodokumentationen, Medienberichten
- Erosionskartierung (Leitfaden: DWA Merkblatt M 921)
- Ggf. UAV-gestützte Erosionskartierung

UAV-gestützte Erosionskartierung

- Aufnahme von hochaufgelösten Luftbildern mithilfe von „Drohnen“
- Anschließend luftbildgestützte Erosionskartierung



Abb. 11: DJI Inspire II (www.dji.com/de/inspire-2)



Abb. 12: Luftbildaufnahme von Erosionsschäden auf Ackerflächen (Foto: HLNUG)

Visualisierung



Abb. 13: Luftbildaufnahme mehrerer Erosionsflächen im Hangverlauf (Foto: HLNUG)

Visualisierung

- Photogrammetrische Verarbeitung der Luftbilder
- GIS-gestützte Auswertung
- Übersicht der Erosionskartierung



Abb. 14: Darstellung einer Erosionskartierung auf Grundlage von Luftbilddaufnahmen (HLNUG)



- Übertrittsstelle
- Akkumulationsfläche
- flächenhafter Abtrag

Weitere Möglichkeiten der Visualisierung

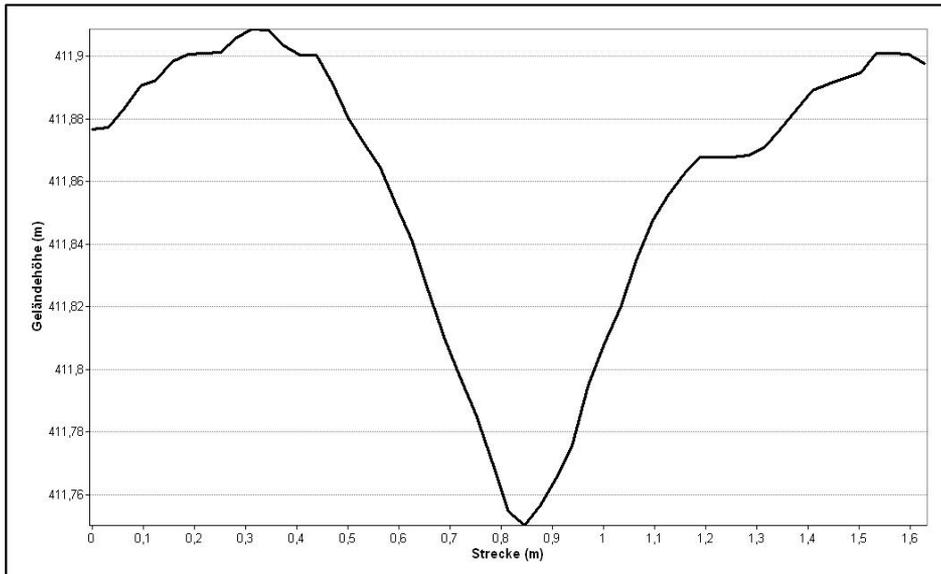


Abb. 15: 3D-Höhenprofil einer Erosionsrinne.

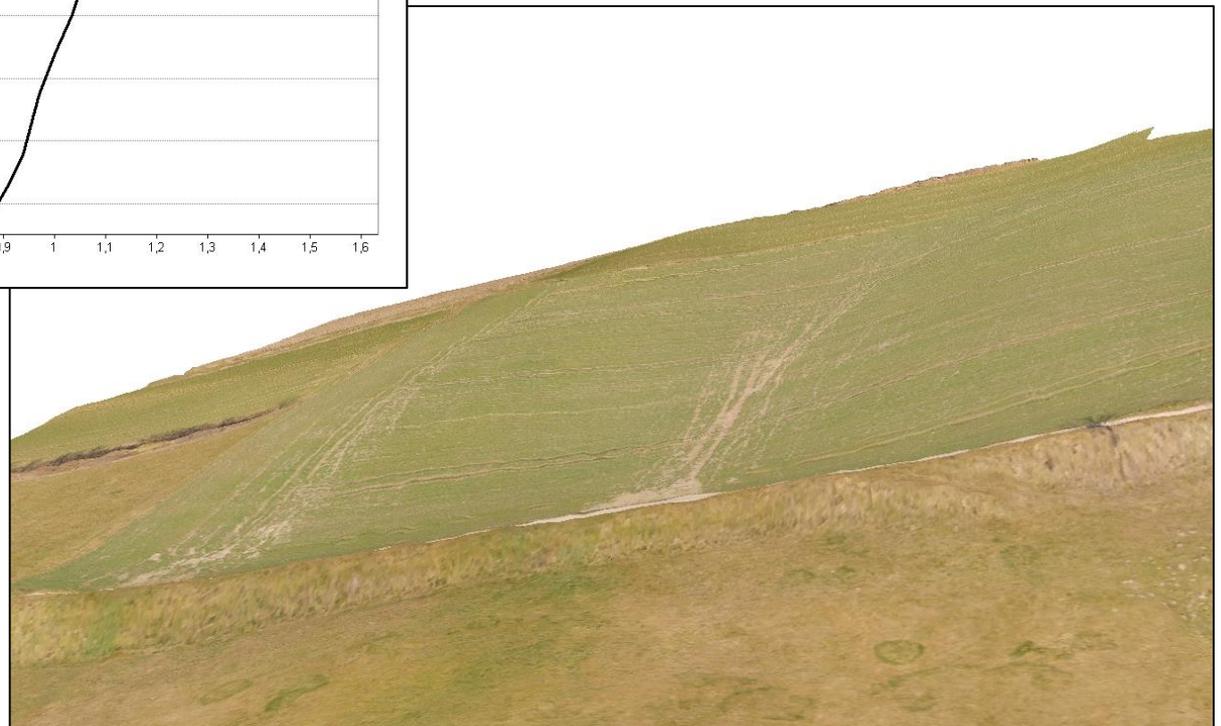


Abb. 16: Überhöhte Darstellung eines 3D-Modells einer Erosionsfläche auf Basis photogrammetrisch verarbeiteter Luftbildaufnahmen

Erheblichkeit von erosionsbedingten Bodenabträgen

- Eine schädliche Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser liegt vor wenn erhebliche Mengen Bodenmaterial abgeschwemmt wurden.
- Ansätze anderer BL über Bodenzahl als Maß für die Gründigkeit.
 - Bodenabtrag eines Einzelereignisses [t/ha] > BZ/2 (BW, BY)
 - Bodenabtrag nach ABAG [t/ha/a] > BZ/4 (BW, BY)
 - Fester Grenzwert von 25 t/ha (SN)
- hessische „Perspektive“/Anforderungen an Bewertung:
 - Einzelfallbezogene Bewertung
 - Berücksichtigung der Besonderheiten des Standortes
 - Betrachtung der Beeinträchtigung auf die Bodenfunktionen

→ Ansätze über Bodenzahl oder festen Grenzwert sind nicht ausreichend

Erheblichkeit von erosionsbedingten Bodenabträgen

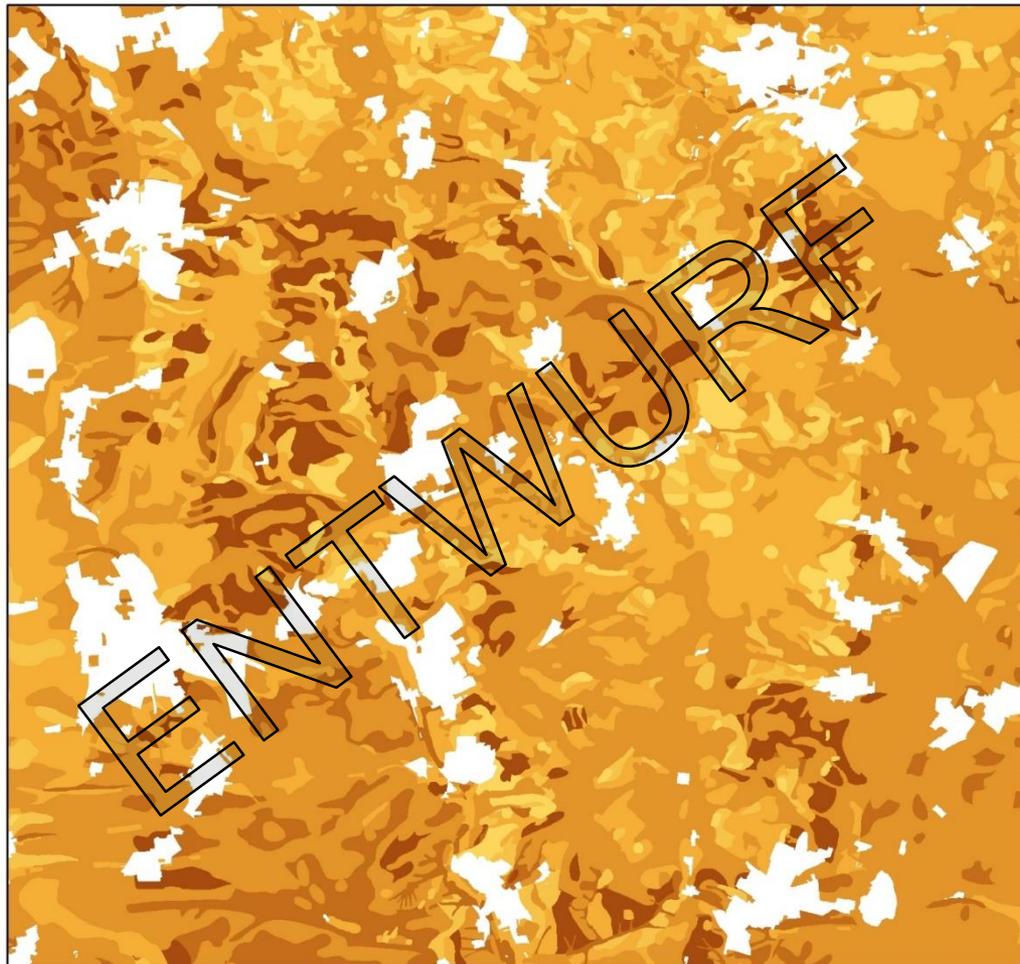
- Gemeinsames Positionspapier von LABO/LAWA: Forderung zur Konkretisierung der Kriterien zur Beurteilung der Erheblichkeit von Bodenabträgen.
- Forschungsvorhaben (KIT) wurde um diesen Punkt aufgestockt
- Einrichtung eines Projektbegleitkreises zur Verzahnung mit BOVA und den Ländern

→ Ziel: Festlegung von national verbindlichen, harmonisierten Kriterien zur Feststellung der Erheblichkeit von Bodenabträgen

Aktueller Stand:

- Festlegung auf Kennwert (nFK) zur Beurteilung der Erheblichkeit
- Ansatz zur Beurteilung der Erheblichkeit von erosionsbedingten Abträgen auf die Bodenfunktionen über Abnahme des Kennwertes
- Zeitnahe Fertigstellung des Workflows

Erheblichkeit von Bodenabträgen



**Erheblichkeit von
erosionsbedingten
Bodenabträgen
bei Einzelereignissen**

Erheblichkeit

t/ha

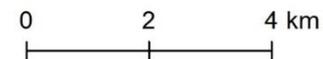
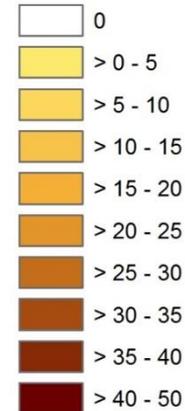
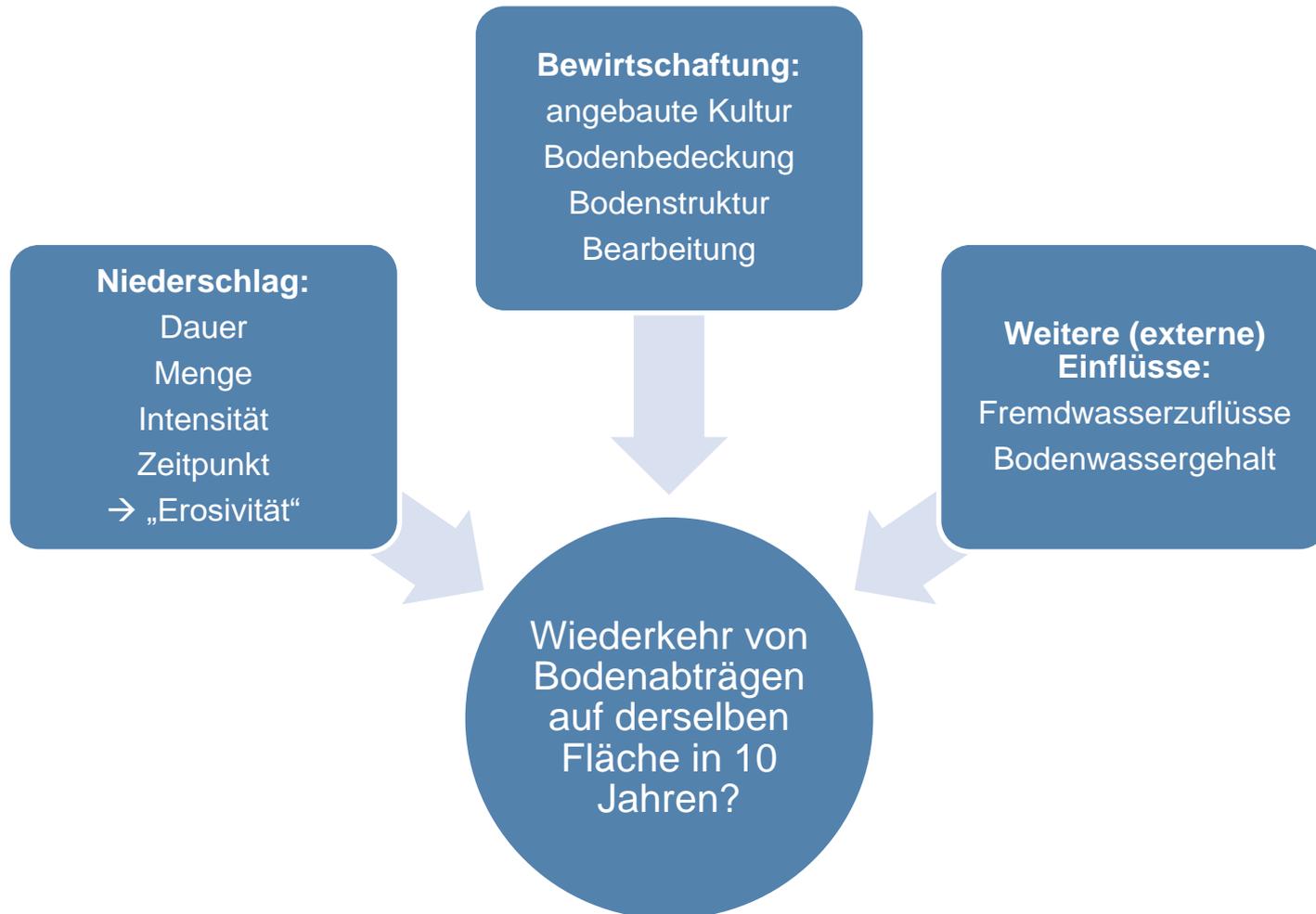


Abb. 17: Entwurf einer Karte zur Darstellung der Erheblichkeit von Bodenabträgen bei erosiven Einzelereignissen auf Basis der BFD50 (HLNUG)

Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Bodenabträgen

- Gefahrenabwehr von Bodenerosion bei erheblichen Bodenabträgen, wenn:
 1. In den zurückliegenden 10 Jahren bereits erhebliche Bodenabträge auf derselben Fläche auftraten.
 2. Sich aus den Standortdaten und den Daten über langjährige Niederschlagsverhältnisse des Gebietes ergibt, dass in einem Zeitraum von 10 Jahren mit dem erneuten Eintritt von erheblichen Bodenabträgen zu rechnen ist.

Beurteilung der Wiederkehr von Bodenabträgen



Schwierigkeiten bei der Abschätzung der Wiederkehr von erosiven Starkregen

- Es genügt zur Abschätzung nicht, das statistische Wiederkehrintervall der Niederschlagsmenge (bspw. KOSTRA-DWD) anzugeben.
- Statt der Regenmenge muss die Regenerosivität betrachtet werden:
 - Der Bodenabtrag steigt linear mit der Erosivität, die Korrelation mit der Regenmenge ist schwach.
 - Die Erosivität hat einen starken Jahresgang. Ein Regen mit einer Erosivität von 20 N/h ist bspw. im Januar außergewöhnlich, im August aber häufiger zu erwarten.
- Bislang für Hessen keine statistische Auswertung über die Eintrittswahrscheinlichkeit und die monatliche Verteilung von Starkregenereignissen auf Basis der Erosivität.

Rekonstruktion des Niederschlagsgeschehens

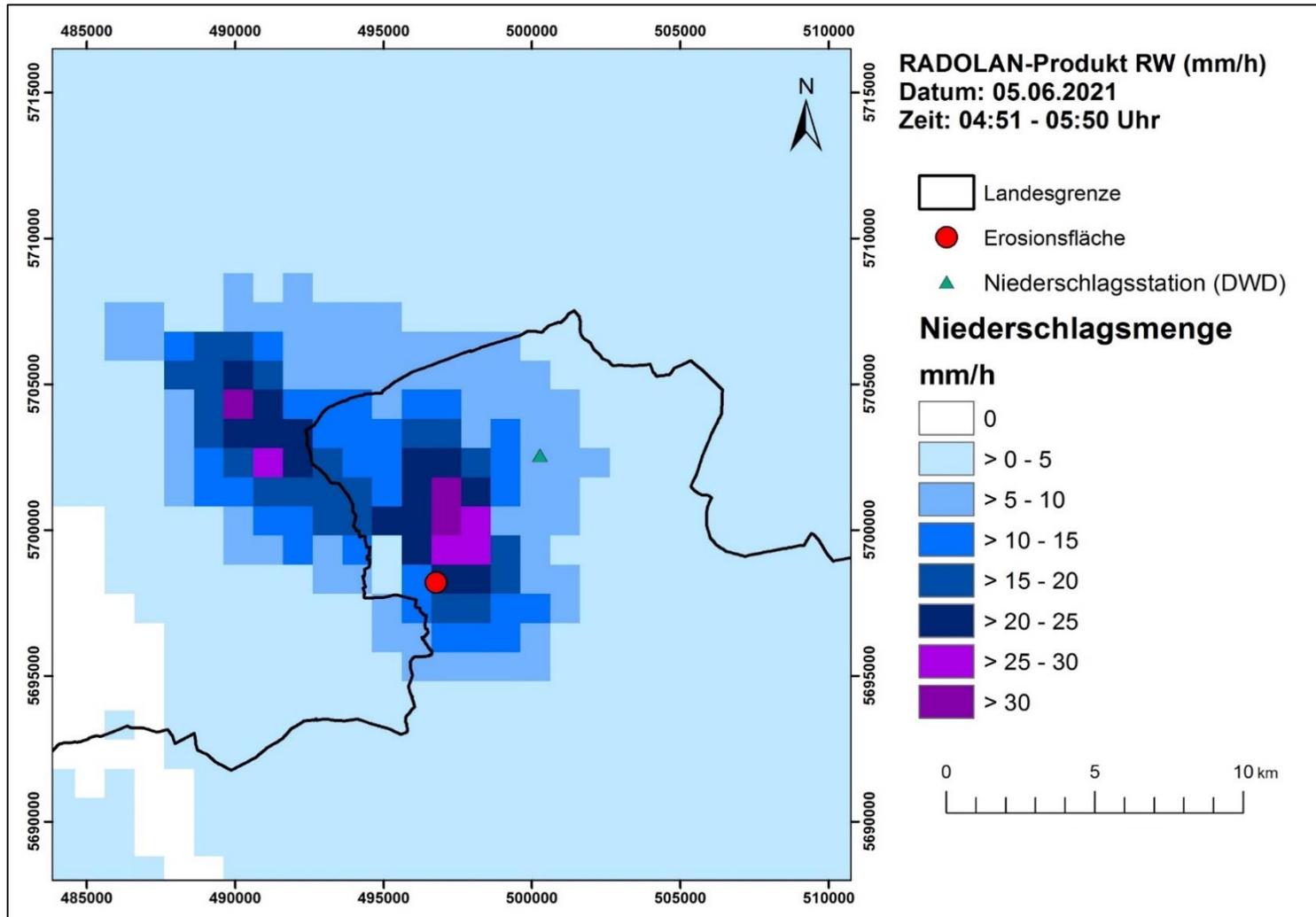


Abb. 18: Darstellung der stündlichen Niederschlagsmenge eines Starkregenereignisses auf Basis von Radardaten des DWD (HLNUG)

Berechnung der Regenerosivität (R-Faktor) nach DIN 19708

Schwellenwert für erosive Niederschläge: Stündliche Niederschlagsmenge (N) $\geq 12,7$ mm oder 30-Minuten-Intensität (I_{30}) $\geq 12,7$ mm/h ($\cong 6,35$ mm/30 Min).

$$R = (E \cdot I_{30})$$

$$E = \sum_{i=1, n}^{i=n} E_i$$

$$E_i = \{11,89 + (8,73 \cdot \log(I_i))\} \cdot N_i \cdot 10^{-3} \quad \text{für } 0,05 \leq I_i \leq 76,2$$

$$E_i = 0 \quad \text{für } I_i < 0,05$$

$$E_i = 28,33 \cdot N_i \cdot 10^{-3} \quad \text{für } I_i > 76,2$$

R = Niederschlagserosivität, in N/h

E = kinetische Energie, in kJ/m²

I_{30} = Maximale 30-Minuten-Intensität, in mm/h

i = Zeitabschnitt des Niederschlagsereignisses

n = Anzahl der Zeitabschnitte des Niederschlagsereignisses

E_i = kinetische Energie des Niederschlags im Zeitabschnitt i, in kJ/m²

I_i = Intensität des Niederschlags im Zeitabschnitt i, in mm/h

N_i = Niederschlagshöhe im Zeitabschnitt i, in mm

Beispiel Wächtersbach-Neudorf

- Erosionsereignis in der Gemarkung Neudorf.
- Am 01.10.2022
- Auswertung auf Basis der 5-Minuten RADKLIM-Niederschlagsdaten (YW)

Uhrzeit	Menge (mm)	5-Min-Intensität (mm/h)	30-Min-Intensität (mm/h)	kinetische Energie (kJ/m ²)
17:35	0	0	0	0
17:40	5,3	63,6	10,6	0,146
17:45	3,1	37,2	16,8	0,079
17:50	2,8	33,6	22,4	0,071
17:55	1,3	15,6	25,0	0,029
18:00	0,4	4,8	25,8	0,007
18:05	1,1	13,2	28,0	0,024
18:10	1,7	20,4	20,8	0,040
18:15	0	0	14,6	0
Gesamt	15,7			0,396
	Erosivität (N/h)		$I_{Max_{30}} = 28,0 \text{ mm/h}$	
	11,09		$E = 0,396$	

→ Ist ein Starkregen mit einer Erosivität von ca. 11,1 N/h im Oktober in der Region Wächtersbach innerhalb von 10 Jahren erneut zu erwarten?

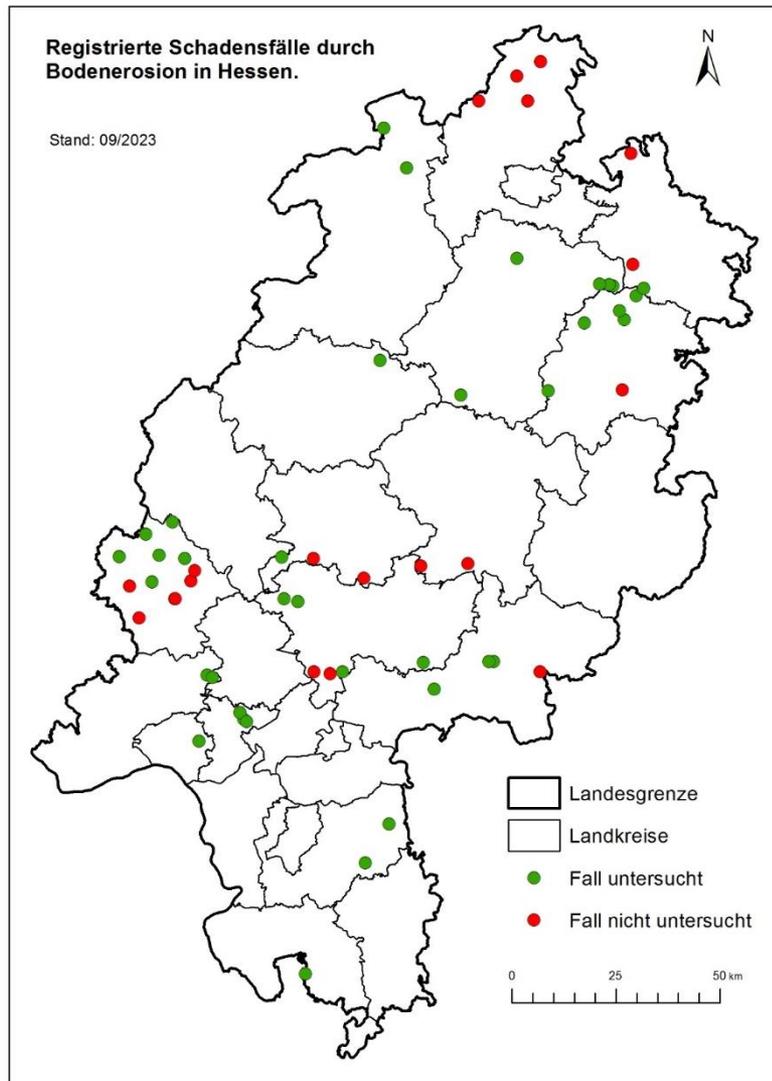
AG Starkregen & Bodenerosion

- November 2022 Gründung „Hessisches Forum Landwirtschaft und Bodenschutz“ (HFLB): Beteiligung von Vertreter*innen aus Verwaltung, Forschung, Verbänden und Praxis
- AG Starkregen & Bodenschutz im Rahmen des HFLB unter Leitung von HLNUG mit Beteiligung von LLH, OFD und DWD.
- Ziele der Arbeitsgruppe u.a.:
 - Festlegung einer Vorgehensweise zur Rekonstruktion von erosiven Starkregenereignissen
 - Erstellung einer Übersicht über verfügbare Daten/Tools ggf. Identifikation von weiterem Forschungs-/Datenbedarf.
 - Erarbeitung von Ansätzen zur Bewertung der Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Bodenabträgen auf Basis der Erosivität

Aktueller Stand der Gefahrenabwehr von Bodenerosion in Hessen

- Etwa 3 Jahre systematische Bearbeitung von Schadensfällen durch Bodenerosion in Hessen
- Aufschlüsse über Ausmaß und häufige Ursachen massiver Bodenerosion
- Untersuchung auf über 60 Erosionsflächen im Zusammenhang mit 40 Einzelereignissen
- Zusätzlich 20 Erosionsfälle mit erheblichen off-site-Schäden registriert, die aufgrund eines zeitlichen Verzugs der Meldung nicht weitergehend untersucht wurden
- Erste Fälle konnten abgeschlossen werden.
- Langsame aber stetige Etablierung der Gefahrenabwehr von Bodenerosion

Bisherige Erkenntnisse aus der Gefahrenabwehr



- 16 der 26 hessischen Landkreise mit mindestens einem Erosionsfall
- Häufung von Fällen in einzelnen Landkreisen ist vorwiegend auf verstärkte Meldeaktivität oder schwere Ereignisse zurückzuführen
- Auch mehr Fälle in den übrigen Regionen, die bislang lediglich nicht wahrgenommen bzw. gemeldet werden.
- Meldung von Fällen noch nicht etabliert.

Abb. 19: Übersicht der registrierten Erosionsfälle in Hessen und Status der Bearbeitung (HLNUG)

Meldung von Erosionsereignissen

Meldung der Schadensfälle durch Bodenerosion in Hessen

Stand: 09/2023

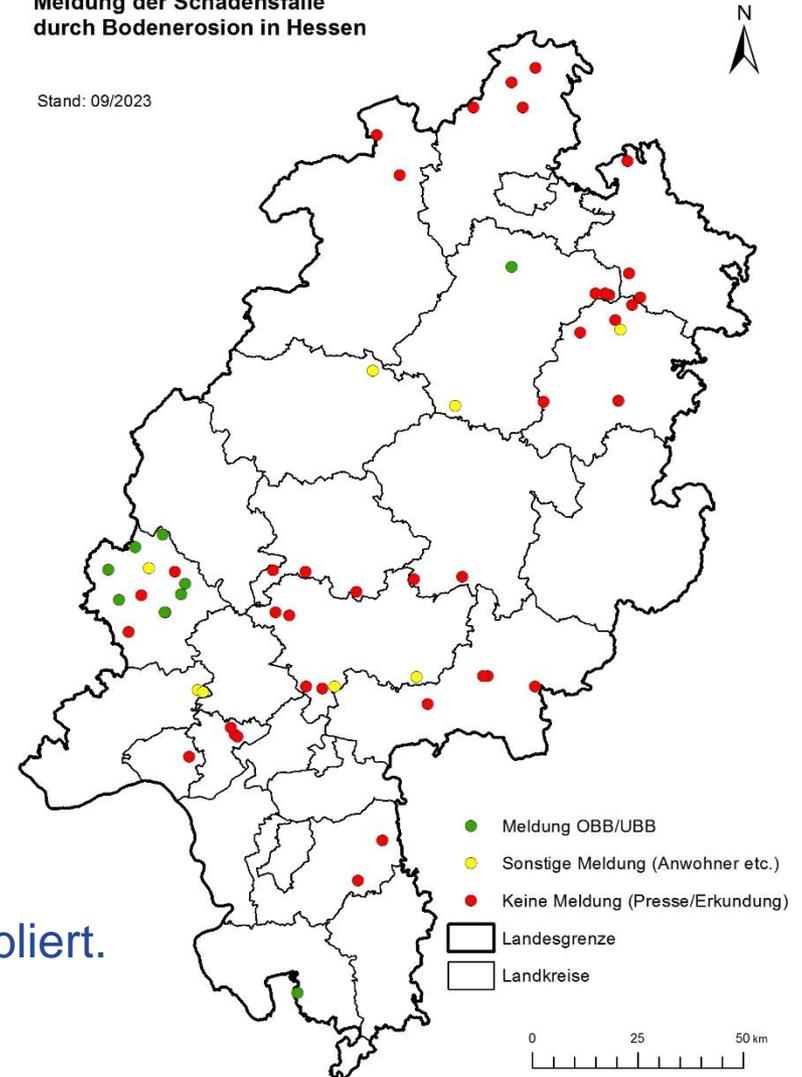


Abb. 21: Übersicht der Meldung aller registrierter Erosionsfälle in Hessen (HLNUG)

Verfahrensablauf zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion durch Wasser - Ablaufschema

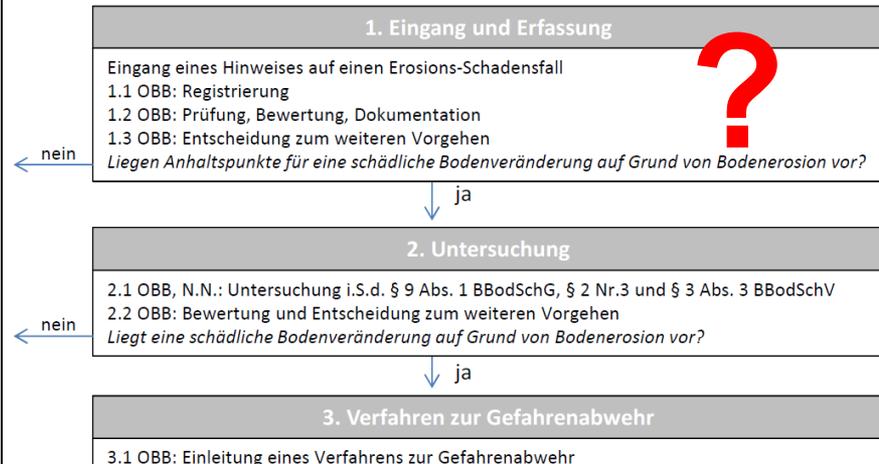


Abb. 20: Auszug aus dem Ablaufschema zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion durch Wasser

Meldung von Erosionsfällen noch nicht etabliert.

Meldungen über „Bodenerosion“

HNA

UKRAINE-KRIEG KASSEL LOKALES WELT VERBRAUCHER

Schlammlawinen treffen Lebensmittelgroßhandel

UNWETTER

Unwetter im Kreis Gießen: Schlammlawine dringt in Häuser ein

UNWETTER

Heftiges Gewitter in Wetterau: Schlammlawine rollt durch Petterweil

HNA

Unwetter im Landkreis Hersfeld-Rotenburg: Schlammlawine trifft Königswald

Besonders betroffen vom Unwetter war das Grenzgebiet von Rotenburg, Bebra und Cornberg – wie unser Bild zeigt, das Montagabend in Königswald...

23.05.2023

Ein Unwetter hat den Runkeler Stadtteil am Sonntagabend getroffen. Schlamm lief Richtung Dorf, auf Straßen und den Bolzplatz. Die Aufräumarbeiten laufen noch.

12. Mai 2023 – 10:51 Uhr

Wegen Unwetter: Flut aus Schlamm und Geröll im Main-Kinzig-Kreis

02.10.2022, 15:29 Uhr

UNWETTER IN SÜDHESSEN

Schlammlawinen und vollgelaufene Keller

VON HANS-DIETER ERLNBACH - AKTUALISIERT AM 09.06.2023 - 13:43

Starker Regen

Nach Gewitter Schlammschlacht an der Schlagmühle in Kohlgrund

06.06.2021 - 16:36



UNWETTER IN RHEIN-MAIN

Schlammlawine vom Acker, Wasser im Keller

Gründau: Straße nach Gewitter von Schlamm überdeckt

REDAKTION / 14. MÄRZ 2023

Schlammlawine fließt durch Diemerode

Erstellt: 25.05.2023, 12:03 Uhr

Wetter in Deutschland

Unwetter hinterlässt Spur der Verwüstung – Tagelange Aufräumarbeiten

14.05.2020 - 10:40

Starkregen über Hessen: Vollgelaufene Keller, Schlammlawinen und weitere Schäden

Weitere Erkenntnisse

- Auslöser von schweren Erosionsfällen häufig bestimmte Wetterlagen in Zeiträumen mit Anfälligkeit bestimmter Anbaukulturen
- Zwei hauptsächliche Gefahrenzeiträume für schwere Fälle von Bodenerosion
 - Frähsommer (Mai & Juni) nach Einsaat von Reihen- und Hackfrüchten
 - Spätsommer/Frühherbst (Ende August - Anfang Oktober) nach Einsaat von Winterungen



Abb. 22: Anteil der Ackerkulturen aller registrierter Erosionsfälle im Rahmen der Gefahrenabwehr

Weitere Erkenntnisse

- Anzahl an Fällen/Ereignissen schwankt von Jahr zu Jahr
- Im Jahr 2022 vergleichbar wenig registrierte Starkregen & Erosionsfälle
- Im Jahr 2023 bislang deutlich mehr Starkregen, teils mit sehr starker Ausprägung
→ daher viele Erosionsfälle in vielen Teilen Hessens, teils mit schweren Folgen.
- Auslöser häufig kleinräumig ausgeprägte konvektive Starkregenereignisse
→ Größere Niederschlagsmengen in kurzer Zeit → hohe Intensitäten

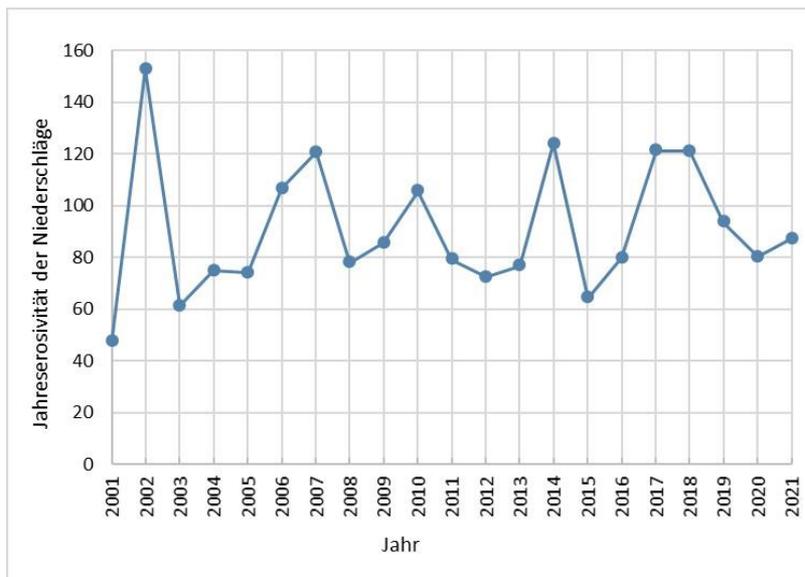


Abb. 23: jährliche Veränderung der mittleren Jahreserosivität (N/h/a) in Hessen auf Grundlage der radarbasierten Auswertung des DWD

Weitere Erkenntnisse

- Dimension der erfassten Schäden variiert stark von Fall zu Fall
- Abhängig von Schwere des Ereignisses und Größe der Fläche
- Mehrere Dezentonnen erodiertes Bodenmaterial eher die Regel
- Mehrere hundert Tonnen auch keine Seltenheit
- Schwerster Fall im Jahr 2021 mit schätzungsweise über 1400 t erodiertem Material
- Überwiegend flächenhafte Abträge, weniger lineare Abträge (Rinnen, Gräben)
- Häufige Ursachen:
 - Keine (ausreichenden) Schutzmaßnahmen
 - Morphologie nicht (ausreichend) berücksichtigt.
 - Verhältnis von Hanglänge zur Hangneigung
 - Abträge verstärkt in Tiefenlinien
 - Kaskadeneffekte bei Übertritten von mehreren Flächen im Hangverlauf
 - Vorgewende oder Bearbeitungsspuren in Richtung des Hanggefälles

Empfehlungen von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

- Häufig würde ein Verzicht bestimmter erosionsanfälliger Kulturen (z. B.) Mais ausreichen.
- Weitere acker-/pflanzenbauliche Maßnahmen:
 - Umstellung der Bodenbearbeitung
 - Änderung der Bearbeitungsrichtung
- Weitere gängige Maßnahmen:
 - Anlage von Schutzstreifen
 - Tiefenlinienbegrünung



Erweiterte Maßnahmen:

- Technische und strukturelle Maßnahmen (Flurneuordnung, Wegeführung, Schlagunterteilung)
- Wälle, Gräben, Maßnahmen an Entwässerung

Praxisbeispiele



Abb. 25: Konturlinienparallele Bearbeitung und Erosionsschutzstreifen auf einem Maisacker (Foto HLNUG)



Abb. 26: Wirkung von Erosionsschutzstreifen (Foto HLNUG)

Planungshilfe und Übersicht der Erosionsgefährdung – Bodenerosionsatlas von Hessen 2023

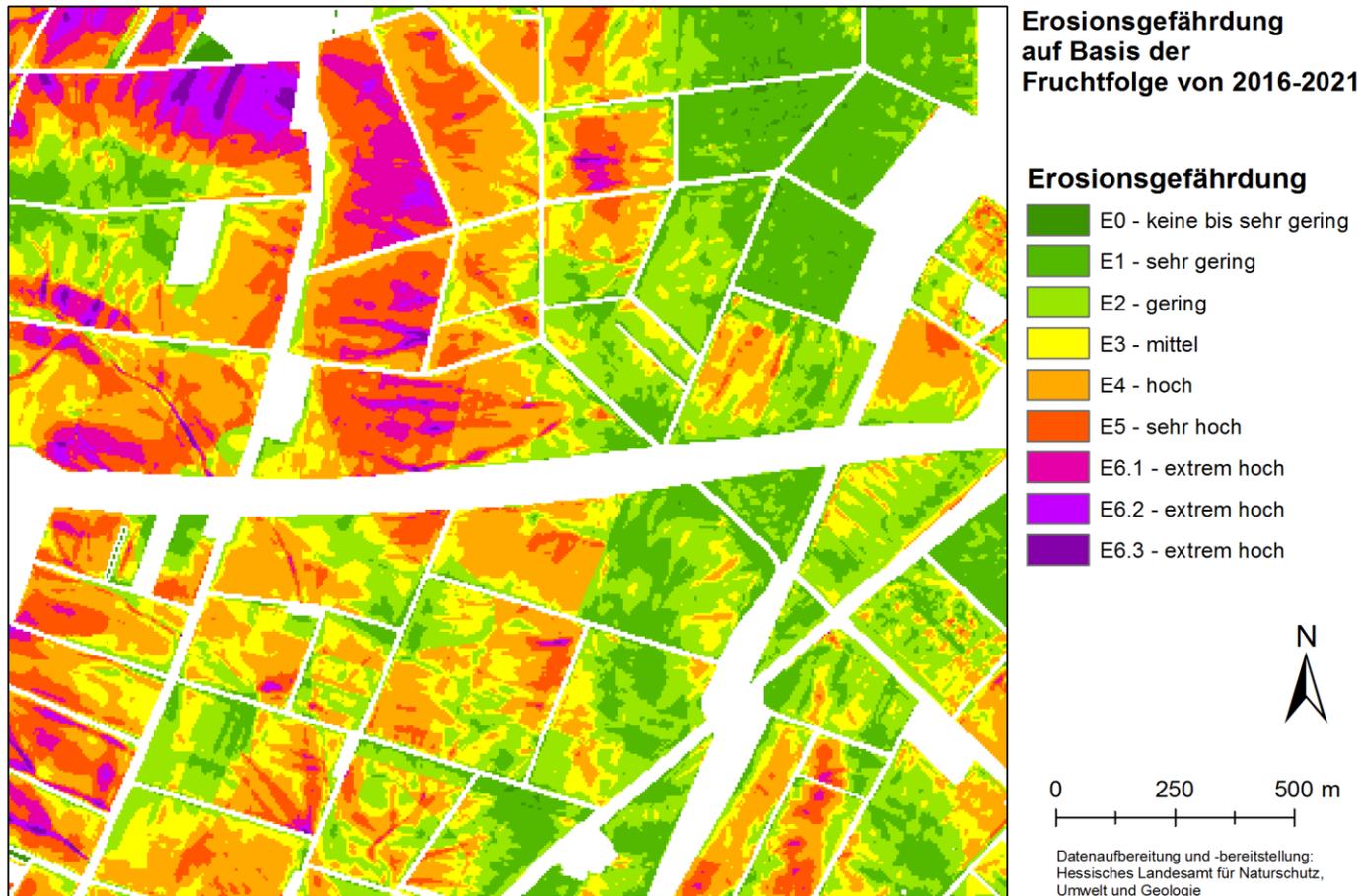


Abb. 27: Erosionsgefährdung auf Basis der Fruchtfolge von 2016 bis 2021. Auszug aus dem Bodenerosionsatlas Hessen 2023 (HLNUG)

Klimawandelbedingte Veränderung der Regenerosivität

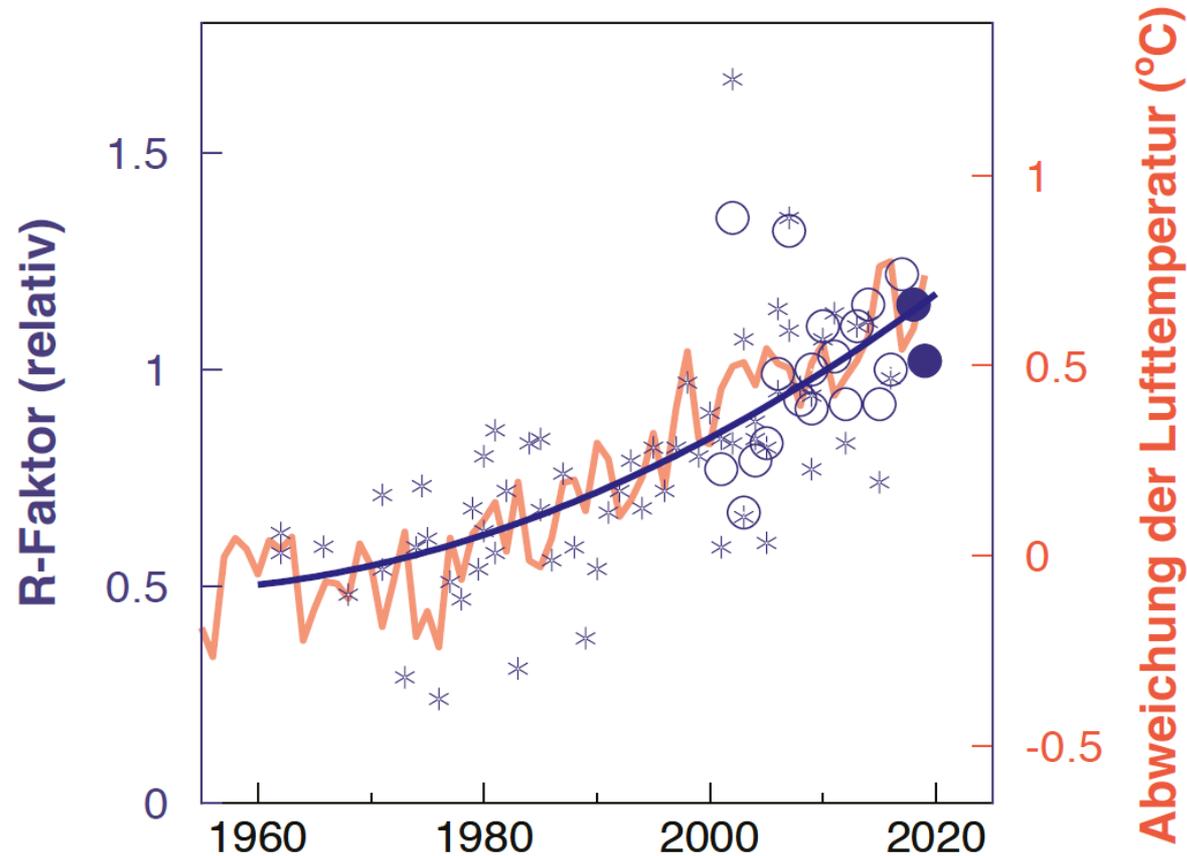


Abb. 28: Veränderung der Regenerosivität seit 1960: R-Faktoren relativ zum Mittelwert (2001 bis 2017). Kreise: Mittelwerte von Radarpixeln; Sterne: Mittelwerte von mindestens 50 Ombrometer-Stationen; blaue Linie ist eine quadratische Regression; rote Linie ist die Abweichung der globalen Lufttemperatur gegenüber 1961-1990 (Fischer et al. 2020)

Veränderung der Pflanzenentwicklung

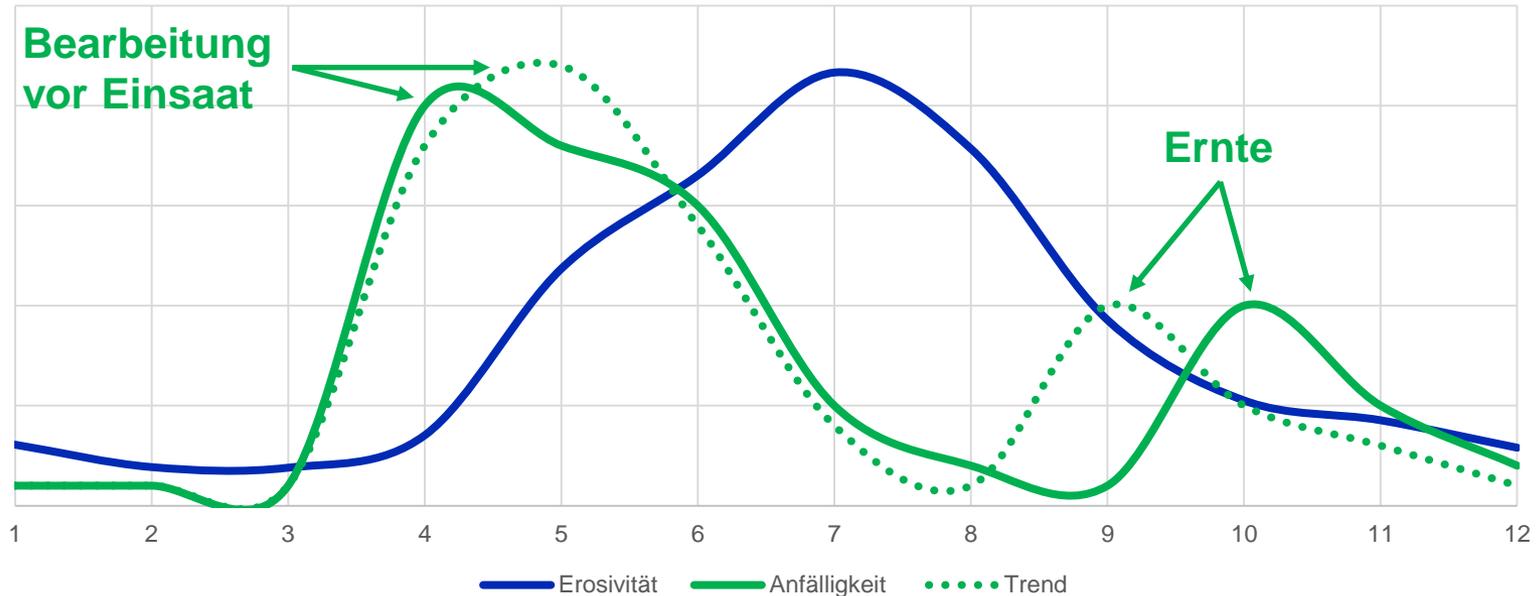


Abb. 29: Schematische Darstellung des Jahresganges der Erosivität und der Anfälligkeit aufgrund der Bodenbedeckung.

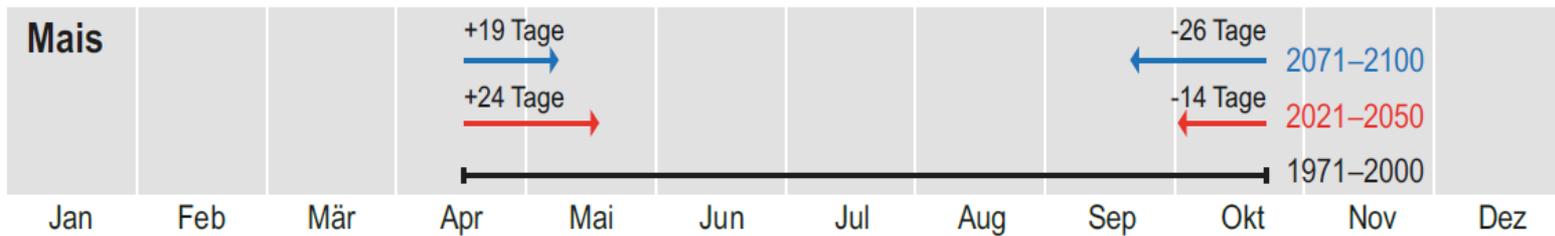


Abb. 30: Veränderung der Vegetationsentwicklung von Mais im Zuge des Klimawandels. Die Auswertung basiert auf Korrelationsanalysen der phänologischen Entwicklungsphasen mit der Temperatur. Sie stellen eine exemplarische Trendentwicklung dar. (Müller, A. 2021).

Fazit

- Gefahrenabwehr von Bodenerosion ist wirksames Instrument für den Bodenschutz
- Möglichkeit der Anordnung von Erosionsschutzmaßnahmen weitgehend nicht bekannt
- Verfahren zur Gefahrenabwehr weisen Vielzahl an Herausforderungen auf
- Unterstützung durch HLNUG konnte zu einer Verbesserung der Verfahren beitragen
- Verfahren etabliert sich zunehmend
- Weitere Verbesserungen durch Konkretisierung von Beurteilungskriterien ist absehbar
- Erkenntnisse über Ausmaße und Ursachen schwerer Bodenerosion in Hessen
- Beitrag zur Verbesserung des Erosionsschutzes in der Vorsorge
- Klimawandel bewirkt Zunahme des Erosionsrisikos
- Notwendigkeit zu Klima- & Bodenschutz