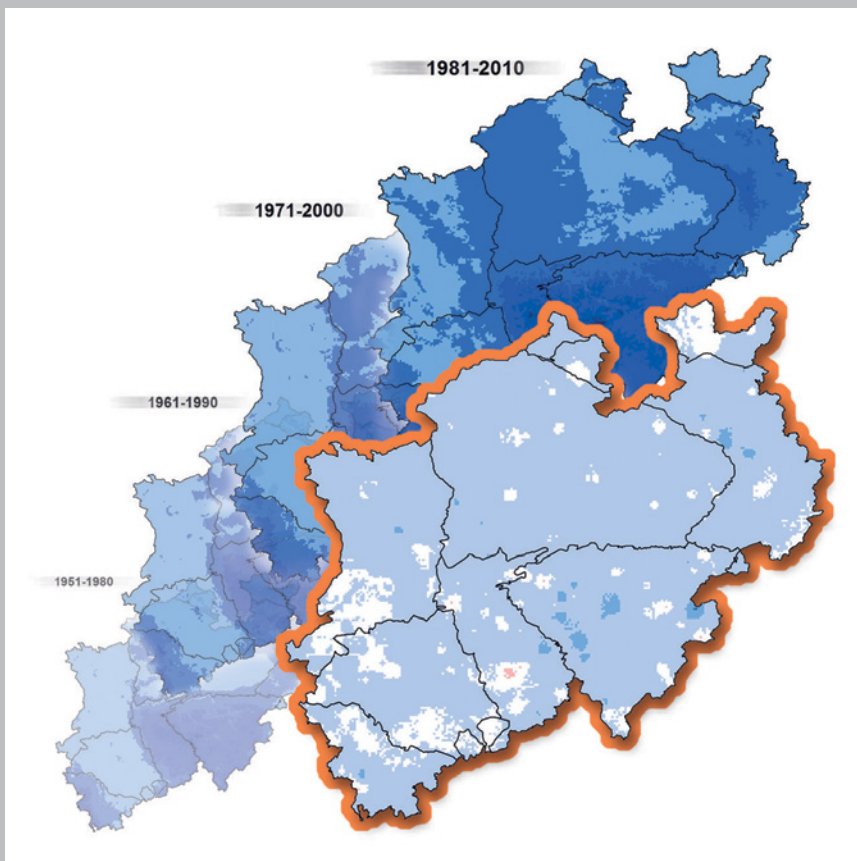


## **Böden und Klimawandel: Neue Aspekte bei der Abschätzung der Erosions- gefährdung durch Wasser als Folge des Klimawandels**

Von Dirk Elhaus & Karl Auerswald & Tanja Winterrath



# **Böden und Klimawandel: Neue Aspekte bei der Abschätzung der Erosions- gefährdung durch Wasser als Folge des Klimawandels**

Von Dirk Elhaus<sup>1</sup> & Karl Auerswald<sup>2</sup> & Tanja Winterrath<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –, De-Greiff-Str. 195, 47803 Krefeld, dirk.elhaus@gd.nrw.de

<sup>2</sup>TU München, Arcisstraße 21, 80333 München, auerswald@wzw.tum.de

<sup>3</sup>Deutscher Wetterdienst, Frankfurter Str. 135, 63067 Offenbach, tanja.winterrath@dwd.de

**Zitierweise:** ELHAUS, D.; AUERSWALD, K.; WINTERRATH, T. (2020): Böden und Klimawandel: Neue Aspekte bei der Abschätzung der Erosionsgefährdung durch Wasser als Folge des Klimawandels. – scriptumonline, **12**: 10 S.; Krefeld. – [[https://www.gd.nrw.de/pr\\_bs\\_scriptumonline.htm](https://www.gd.nrw.de/pr_bs_scriptumonline.htm) (Stand 2/2020) – <scriptumonline-12\_2020-5.pdf>]

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Bodenerosion unter veränderten klimatischen Verhältnissen</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Regenradarmessungen</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Auswirkungen auf die Bodenerosion</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
	<b>Impressum</b> .....	<b>10</b>

## **Kurzfassung:**

Unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen erhält die Bodenerosion im vorsorgenden Bodenschutz eine zentrale Bedeutung. Bisher wurde das regional unterschiedliche Niederschlagsgeschehen durch Regressionsgleichungen abgebildet, in denen die Höhe des Sommer-niederschlags die Regenerosivität bestimmt. Diese Ansätze sind unzureichend, um der Dynamik bei der Veränderung der Starkregencharakteristik Rechnung zu tragen, da sie erst mit großer zeitlicher Verzögerung auf eine geänderte Niederschlagscharakteristik reagieren. Daher hat der Deutsche Wetterdienst ein Verfahren entwickelt, das auf Regenradarmessungen basiert. Das Verfahren wird kurz dargestellt und die Auswirkungen auf das Erosionsgeschehen werden erläutert. Entsprechende Karten zur Regenerosivität werden vom Deutschen Wetterdienst regelmäßig aktualisiert ins Netz gestellt. Mit entsprechenden Boden- und Reliefkarten erstellt der Geologische Dienst NRW Erosionsgefährdungskarten, die die Beratung der Landwirtschaft unterstützen. Die Ergebnisse werden auch von der Politik genutzt, um entsprechende Förderprogramme gezielt einsetzen zu können.

## **Schlüsselwörter:**

Allgemeine Bodenabtragungsgleichung (ABAG), Bodenerosion durch Wasser, Erosionsgefährdung, Klimawandel, RADOLAN-Verfahren, Regenerosivität, Starkregen, vorsorgender Bodenschutz

# 1 Einleitung

Die Kennzeichnung der Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser erfolgt in Nordrhein-Westfalen nach dem Ansatz der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) (SCHWERTMANN & VOGL & KAINZ 1990; WISCHMEIER & SMITH 1978). Seit 2007 gibt es eine entsprechende Norm (DIN 19708), in der festgelegt ist, wie die einzelnen Parameter zur Vorhersage der Erosionsgefährdung zu ermitteln sind. Das Ergebnis der Berechnungen ist ein langjährig zu erwartender mittlerer Bodenabtrag als Funktion verschiedener empirisch ermittelter Größen, mit denen der Einfluss des Klimas, des Bodens, der Flächennutzung und der Morphologie auf das Abtragungsgeschehen abgebildet wird. In der Anwendung hat sich die ABAG bewährt, was sich auch darin zeigt, dass die Ergebnisse im Vollzug des Bodenschutzgesetzes, der EU-Wasserrahmenrichtlinie, in der Agrarförderung und der landwirtschaftlichen Beratung Verwendung finden.

**Die ABAG hat die folgende Form:**

$$A = K \cdot R \cdot S \cdot L \cdot C \cdot P$$

Darin bedeuten:

**A** langjährig zu erwartender mittlerer Bodenabtrag in t/(ha · a)

**K** Bodenerodierbarkeitsfaktor in (t · h)/(ha · N)

**R** Oberflächenabfluss- und Regenerositätsfaktor in N/(h · a)

**S** Hangneigungsfaktor, dimensionslos

**L** Faktor zur Berücksichtigung der erosionswirksamen Hanglänge, dimensionslos

**C** Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktor, dimensionslos

**P** Faktor zur Berücksichtigung von Erosionsschutzmaßnahmen, dimensionslos

Die Erosionsgefährdung wird als Produkt der zuvor genannten Faktoren berechnet und berücksichtigt neben den natürlichen Faktoren – die natürliche Erosionsgefährdung ergibt sich als Produkt von K-, R- und S-Faktor – auch die vom Bewirtschafter beeinflussbaren Größen (L-, C-, P-Faktor). Die vom Geologischen Dienst NRW erarbeitete Karte der natürlichen Erosionsgefährdung ist ein wichtiger Beitrag zum Bodenschutz. Diese Karte steht seit 2010 als Erosionsportal im Netz zur Verfügung (<https://www.geoportal.nrw/suche?lang=de&searchTerm=f7ce98f0-36c4-4f2e-bb6e-985f3218b104>).

Wesentliche Elemente dieser Darstellung werden von der Landwirtschaftsverwaltung genutzt, um die Zahlung von Agrarsubventionen an das Einhalten von Mindeststandards in Bezug auf die Vermeidung von Bodenerosion durch Wasser zu binden. Die Mindeststandards sind in der Landeserosionsschutzverordnung (LEschV) festgelegt.

Die diesen Auswertungen zugrunde liegende Norm wurde 2017 fortgeschrieben. Neue Erkenntnisse bei der Ableitung der bodenkundlichen Kennwerte (AUERSWALD & ELHAUS 2013; AUERSWALD & ELHAUS & MARTIN 2016) wurden eingearbeitet, die Ableitungen der übrigen Parameter blieben zunächst unverändert. Seit 2019 gibt es für NRW einen kostenlosen Online-Kartendienst als Web Map Service (WMS), der die natürliche Erosionsgefährdung auf der Grundlage der neu entwickelten Algorithmen und aktualisierter Klima- und Geländedaten darstellt (<https://www.erosion.nrw.de/indexLEschV.html>).

Abb. 1: Natürliche Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser



## 2 Bodenerosion unter veränderten klimatischen Verhältnissen

In den vergangenen Jahren machte sich der Klimawandel immer mehr bemerkbar. Insbesondere steigende Niederschlagsintensitäten, die Frequenz außerordentlicher Starkregenereignisse und deren Zunahme in den Wintermonaten sowie eine grundlegende Veränderung der jahreszeitlichen Niederschlagscharakteristik (MANN et al. 2018) beeinflussen das Erosionsgeschehen. Zusätzlich verändern steigende Temperaturen die Vegetationsentwicklung und damit auch das Erosionsgeschehen.

Der R-Faktor (Oberflächenabfluss- und Regenerositätsfaktor) der ABAG quantifiziert als Energie- maß die gebietsspezifische Erosionswirksamkeit des Niederschlags. Er wird aus zeitlich hochauflö- sende Niederschlagszeitreihen als langjähriger (> 10 a) Mittelwert ermittelt. Zur Bestimmung des R-Faktors sind in NRW Niederschlagszeitreihen von über 65 Stationen ausgewertet worden. Sie bilden den Niederschlag mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten für den Zeitraum zwischen 1970 und 2000 ab.

Da die Stationen regional ungleichmäßig verteilt sind, ist eine Regressionsgleichung abgeleitet wor- den, die den engen statistischen Zusammenhang zwischen der Höhe des Sommerniederschlags und dem R-Faktor nutzt:

$$R = 0,2402 \cdot N_{so} - 39,7 \text{ (Korrelationskoeffizient } R = 0,92)$$

mit  $N_{so}$  = mittlerer Niederschlag im Sommerhalbjahr (Mai – Oktober)



Datengrundlage für die Regionalisierung der R-Faktoren ist der Klima-Atlas NRW (BREYER et al. 2016), aus dem die Sommerniederschlagshöhen für die Jahre 1981 – 2010 verwendet werden. Die Regressionsgleichung kann aber keine Verschiebungen des Niederschlagsgeschehens hin zu mehr Starkregenereignissen bei in der Summe konstanten Niederschlagsmengen berücksichtigen; sie schreibt quasi das Verhältnis des Starkregenanteils am Gesamtniederschlag fest. Eine Zunahme erosionswirksamer Niederschläge im Winterhalbjahr kann auf diese Weise ebenfalls nicht erfasst werden. Abbildung 2 zeigt die Veränderungen in der Niederschlagscharakteristik.

Eine weitere Ungenauigkeit entsteht dadurch, dass die aus den zeitlich hochauflösenden Niederschlagsdaten berechneten R-Faktoren für ein größeres Areal, z. B. ein Bundesland, gemittelt werden und tatsächlich vorhandene räumliche Unterschiede durch die Regression nicht erfasst werden können.

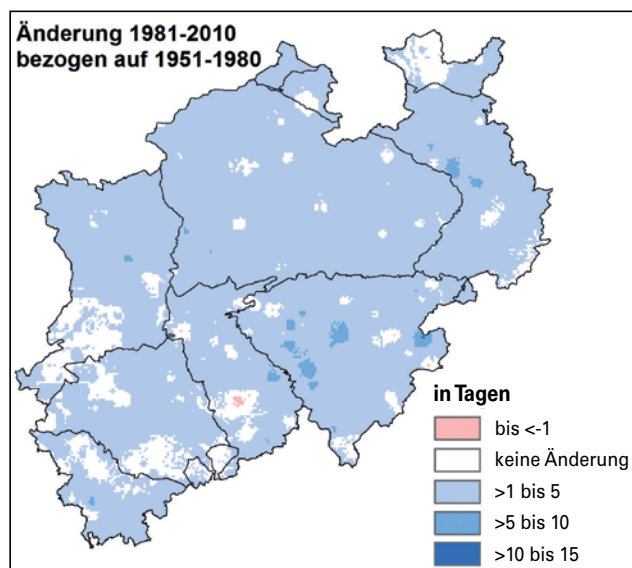
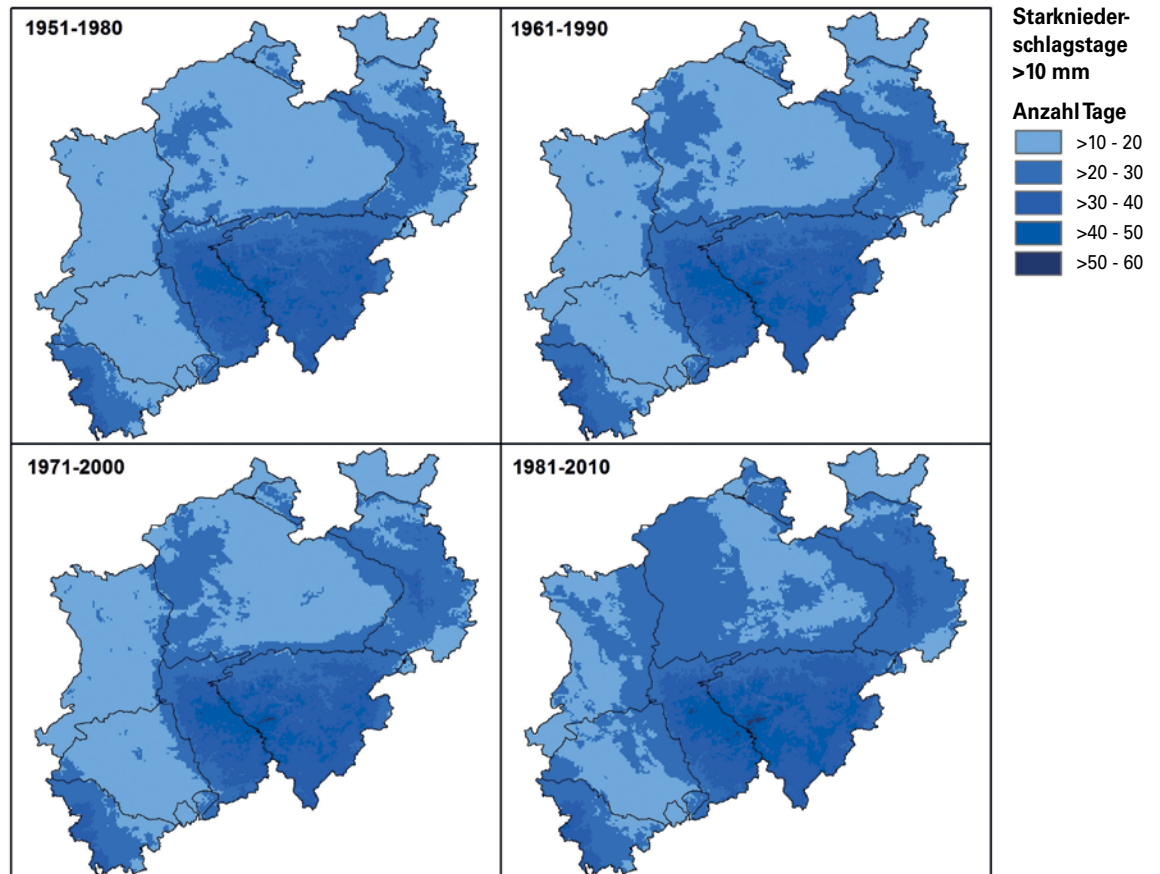


Abb. 2: Änderung der mittleren jährlichen Anzahl der Starkniederschlagstage mit > 20 mm/d in Nordrhein-Westfalen in der Klima-Normalperiode 1981 – 2010 im Vergleich zu 1951 – 1980

(Auswertung: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst; [<https://www.klimaatlas.nrw.de/Niederschlagskenntage-Artikel>]; (letzter Zugriff: 28.04.2019)

Datengrundlage  
**Deutscher Wetterdienst**  
 Wetter und Klima aus einer Hand 

Landesamt für Natur,  
 Umwelt und Verbraucherschutz  
 Nordrhein-Westfalen 

## 3 Regenradarmessungen

Seit 2001 betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) ein deutschlandweites Messnetz aus 17 Wetterradargeräten (WINTERRATH et al. 2017), das die Intensität der Niederschläge kontinuierlich flächendeckend erfasst und damit geeignet ist, die Regenintensität ereignisbasiert abzubilden. Diese Daten erlauben unter der Annahme einer gegebenen Tropfengrößenverteilung die Abschätzung der Niederschlagsintensität. Um die abgeleiteten Werte zu quantifizieren, werden die flächenhaften Informationen des Radars mit den Punktmessungen der herkömmlichen Niederschlagsstationen verknüpft. Diese sogenannte „Aneichung“ erfolgt seit Juni 2005 durch den DWD im Echtzeitbetrieb im Rahmen von **RADOLAN (Radar-Online-Aneichung)** für den Hochwasserschutz.

Basierend auf dem RADOLAN-Verfahren, wurde eine Reprozessierung der radarbasierten Niederschlagsabschätzung für die Jahre 2001 – 2017 durchgeführt. Die klimatologische Nachberechnung erlaubte die Verwendung zusätzlicher Stationsdaten sowie eine umfangreiche Fehlerkorrektur zur Optimierung der quantitativen Niederschlagsabschätzung. Mit diesem radarklimatologischen Datensatz steht nun erstmals ein deutschlandweiter, flächendeckender Niederschlagsdatensatz zur Verfügung. Er beinhaltet nahezu alle Starkniederschlagsereignisse, auch jene kleinräumigen Ereignisse, die bei der rein stationsbasierten Messung oftmals nicht erfasst werden können, da sie kein Niederschlagsmessgerät treffen. Der Datensatz hat eine räumliche Auflösung von 1 • 1 km. Die zeitliche Auflösung beträgt eine Stunde. Es liegen aber auch Niederschlagsraten in einer Auflösung von 5 Minuten vor.

Dieser Datensatz ermöglicht eine flächendeckende Bestimmung des R-Faktors auf der Basis aktueller Niederschlagsdaten (FISCHER & WINTERRATH & AUERSWALD 2018). Die Berechnung erfolgte entsprechend der DIN 19708.

## 4 Auswirkungen auf die Bodenerosion

Die bisherigen Auswertungen betrachteten den R-Faktor als einen im zeitlichen Mittel konstanten Standortfaktor, dessen Größe nur von der Lage in der Fläche abhängig war. Nach den aktuell vorliegenden Untersuchungen bekommt er eine zeitliche Komponente. Die auf der Basis der radarklimatologischen Daten für den Zeitraum 2001 – 2017 berechneten R-Faktoren zeigen eine starke Zunahme der Erosivität verglichen mit älteren Auswertungen, die nahtlos anschließt an den Trend, der sich aus R-Faktoren von Stationsdaten ergibt (AUERSWALD et al. 2019). Diese Zunahme ist nicht methodisch bedingt und erklärt sich auch nicht mit einer allgemeinen Zunahme der Sommerniederschläge, sondern ist mit hoher Wahrscheinlichkeit das Resultat einer grundlegenden Veränderung der Niederschlagscharakteristik, die ihre Ursache u. a. in einer veränderten Temperaturverteilung in der Atmosphäre hat.

Seit 1962 hat sich der R-Faktor ungefähr verdoppelt, das bedeutet auch, dass sich der Bodenabtrag durch Erosion bei sonst gleichen Randbedingungen (Bodenbearbeitung und Flächennutzung) verdoppelt hat. Aktuell steigt der R-Faktor jährlich um 2 %. Unter Bodenschutzgesichtspunkten sind diese Veränderungen dramatisch und stellen hohe Anforderungen an die landwirtschaftliche Beratung.

Für das erste Quartal 2020 wird die Karte der natürlichen Erosionsgefährdung mit den aktualisierten R-Faktoren auf der Homepage des Geologischen Dienstes NRW aktualisiert.



# 5 Zusammenfassung

- Die bisherigen Ansätze, Karten zur räumlichen Verteilung des R-Faktors mithilfe von Regressionsgleichungen abzuleiten, können die sich ändernde Niederschlagscharakteristik als Folge des Klimawandels nur unzureichend abbilden.
- Der radarklimatologische Datensatz liefert eine neue, hochaufgelöste Grundlage für die Berechnung der Regenerosivität.
- Stations- und radarbasierte Messungen zeigen eine Zunahme des R-Faktors um derzeit 2 % pro Jahr. Werte für zukünftige R-Faktoren sind mit einem entsprechenden Faktor zu ermitteln.
- Um Planungssicherheit und eine Vergleichbarkeit der Aussagen zu gewährleisten, muss zukünftig der Prognosezeitraum für die Erosionsabschätzung angegeben werden. Es wird empfohlen, aktuell als Zentraljahr 2025 zu wählen.
- Die veränderte Niederschlagscharakteristik und die Temperaturzunahme haben zur Folge, dass der C-Faktor (Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktor) angepasst werden muss. Eine Neuberechnung der C-Faktoren für die verschiedenen Kulturen steht noch aus.

# 6 Literaturverzeichnis

- AUERSWALD, K.; ELHAUS, D. (2013): Ableitung der Bodenerodierbarkeit K anhand der Bodenart. – *Bodenschutz*, **18**: 109 – 113; Karlsruhe.
- AUERSWALD, K.; ELHAUS, D.; MARTIN, W. (2016): Wassererodierbarkeit von Böden der Bodenart Sand (Ss). – *Bodenschutz*, **21**: 42 – 45; Karlsruhe.
- AUERSWALD, K.; FISCHER, F. K.; WINTERRATH, T.; BRANDHUBER, R. (2019): Rain erosivity map for Germany derived from contiguous radar rain data. – *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **23**: 1819 – 1832; – [<https://doi.org/10.5194/hess-23-1819-2019>]
- BREYER, PH.; GEHRMANN, J.; GROTHUES, E.; HÄDICKE, A.; HÖKE, S.; KÖNIG, H.; LUTZ, W.; MICHELS, C.; MÜLLER, N.; PETRAK, M.; SEIDENSTÜCKER, CH.; WERKING-RADTKE, J.; STEPELMANN, I.; ZIEGLER, CH. (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen : Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm 2016. – LANUV-Fachbericht, **74**: 103 S., 70 Abb., 10 Tab.; Recklinghausen.
- DIN (2017): DIN 19708:2017-08, Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG, Berlin, Beuth-Verlag.
- FISCHER, F. K.; WINTERRATH, T.; AUERSWALD, K. (2018): Temporal- and spatial-scale and positional effects on rain erosivity derived from point-scale and contiguous rain data. – *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **22**: 6505 – 6518; – [<https://doi.org/10.5194/hess-22-6505-2018>]
- MANN, M. E.; RAHMSTORF, ST.; KORNHUBER, K.; STEINMAN, B. A.; MILLER, S. K.; PETRI, ST.; COUMOU, D. (2018): Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification. – *Sci. Adv.*, **4** (10) [Art.-Nr.: eaat3272]; – [<https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3272>]
- SCHWERTMANN, U.; VOGL, W.; KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Aufl.: 64 S., 8 Abb., 18 Tab., 1 Kt., 1 Folie; Stuttgart (Ulmer).
- WINTERRATH, T.; BRENDL, CH.; HAFFER, M.; JUNGHÄNEL, TH.; KLAMETH, A.; WALAWENDER, E.; WEIGL, E.; BECKER, A. (2017): Erstellung einer radargestützten Niederschlagsklimatologie. – *Ber. dt. Wetterdienst*, **251**: 72 S., 32 Abb., 3 Tab.; Offenbach/M. – [Abschlussbericht]
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses : A Guide to Conservation Planning. – *Agricult. Handb.*, **282**: 69 S., 11 Abb., 20 Tab.; Washington.

# Impressum

Alle Rechte vorbehalten

**scriptum<sup>online</sup>**

Geowissenschaftliche Arbeitsergebnisse aus Nordrhein-Westfalen

© 2020 Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –

De-Greif-Straße 195 · 47803 Krefeld · Postfach 10 07 63 · 47707 Krefeld

Fon 0 21 51 897-0 · [poststelle@gd.nrw.de](mailto:poststelle@gd.nrw.de)

[www.gd.nrw.de](http://www.gd.nrw.de)

## **Satz und Gestaltung:**

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen

Für den Inhalt des Beitrags sind die Autoren allein verantwortlich.

**scriptum<sup>online</sup>** erscheint in unregelmäßigen Abständen.

Kostenloser Download über [www.gd.nrw.de](http://www.gd.nrw.de)

**ISSN 2510-1331**