

Indikator-Factsheet: Regenerosivität

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106 Grundlegend überarbeitet: i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Deutscher Wetterdienst (DWD), Abt. Hydrometeorologie, KU 42 Niederschlagsüberwachung (Dr. Tanja Winterrath) Technische Universität München (Prof. i.R. Dr. Karl Auerswald)	
Letzte Aktualisierung:	03.09.2013	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	14.03.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Auflösung der Fallstudie für NRW, Umstellung des Indikators auf die Nutzung bundesweiter Ombrometerdaten und der bundesweit vorliegenden RADKLIM-Daten; grundlegende textliche Überarbeitungen; Nummerierung des Indikators geändert (vormals BO-I-2)
	26.10.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung kleiner redaktioneller Anmerkungen aus der IMAA-Abstimmung
	19.12.2022	Bosch & Partner GmbH (Maximilian Gabriel): Umstellung des Indikators auf die Nutzung bundesweiter RADKLIM-Rasterdaten; Ergänzung weiterführender Informationen zur Indikatorentwicklung und -berechnung in den Anlagen (VIII)
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:		Der Indikator ließe sich methodisch weiterentwickeln. Dies betrifft zum einen die Berücksichtigung von (unter anderem klimawandelbedingten) Änderungen in den Fruchtfolgen und der Bodenbedeckung. Der Einfluss der Fruchtfolgen (C-Faktor) könnte mit den zeitlichen Veränderungen aus agrarstatistischen Daten abgeleitet werden (vgl. Auerswald et al. 2021). Zum anderen betrifft dies die zeitliche Verteilung der Regenerosivität über das Jahr hinweg, was vor allem Einfluss auf die Offsite-Schäden hat. Es liegen auch hier Daten vor, um die Eigenschaften erosiver Regen zu quantifizieren.

I Beschreibung

Interne Nr. BO-I-3	Titel: Regenerosivität
Einheit: Indikator I: <u>Teil A:</u> kJ/m ² x mm/h <u>Teil B:</u> kJ/m ² x mm/h <u>Teil C:</u> kJ/m ² x mm/h	Kurzbeschreibung des Indikators: Indikator I: <u>Teil A:</u> Bundesdeutscher Mittelwert der jährlichen Regenerosivität (R-Faktor der ABAG) aus RADKLIM (ab 2001) <u>Teil B:</u> Bundesdeutscher Mittelwert der jährlichen Regenerosivität (R-Faktor der ABAG) aus Ombrometermessungen (bis 2016) Hinweis: Teil B wird nach 2016 nicht mehr fortgeführt. <u>Teil C:</u> Gleitendes 5-Jahresmittel des bundesdeutschen Mittelwerts der jährlichen Regenerosivität

Indikator II: kJ/m² x mm/h	Indikator II (Karte): Regenerositätsfaktor deutscher Kreise im Mittel der Jahre 2017 bis 2021 Berechnungsvorschrift: Indikator I: <u>Teil A:</u> 1. Schritt: Herunterladen der Rasterdaten von opendata RADKLIM 2. Schritt: Ermittlung des bundesweiten R-Faktors über die 1) Zuschneidung der Rasterdatensätze auf das Bundesgebiet (= Entfernung des 10 km-Puffers) 2) Berechnung des arithmetischen Mittelwerts aller Rasterzellwerte pro Jahr R-Mittelwert = Mittel aller Rasterzellwerte <u>Teil B:</u> Daten bis einschließlich 2016 stammen aus den Publikationen von Auerwald et al. 2019a und 2019b. Es handelt sich um Daten aus Ombrometermessungen aus ganz Deutschland oder aus einem Bundesland, die auf Deutschland hochgerechnet wurden. <u>Teil C:</u> Berechnung des 5-Jahresmittels Trotz der Änderung der Datenquelle kann über den Datenbruch gemittelt werden. Der Berechnung des 5-Jahresmittels (bezogen auf das Zentraljahr) werden für die Jahre: • 1973 bis 2000 die Werte aus Teil B, • 2001 bis 2016 die aus Teil A und Teil B gemittelten Werte, • ab 2017 die Werte aus Teil A herangezogen. Indikator II: Karte 1. Schritt: Erstellen eines Mittelwertrasters = Mittelung der Zellwerte aller Einzelraster im gewünschten Zeitraum 2. Schritt: Mittelwert des landkreisspezifischen R-Faktors₂₀₁₇₋₂₀₂₁ = Durchführung einer Zonenstatistik auf Grundlage des Mittelwertrasters und den aktuellen Landkreisgrenzen.
Interpretation des Indikatorwerts:	Indikator I: Je höher der Indikatorwert, desto höher ist – unter ansonsten gleichbleibenden Bedingungen – die Erosionsgefährdung durch erosiv wirkende Niederschlagsereignisse. Indikator II: Je höher der Indikatorwert für das jeweilige Kreisgebiet, desto höher ist hier das Mittel der Jahre 2017 bis 2021

II Einordnung

Handlungsfeld:	Boden
Themenfeld:	Bodenstruktur
Thematischer Teilaspekt:	Anstieg der Bodenerosion
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen: 5.4 – Regenerosität Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-B4 – Entwicklung des Regenerosität
---	--

Begründung:	Bodenerosion und Klimawandel: Die Bodenerosion durch Wasser gehört zu den intensiv im Zusammenhang mit Klimaveränderungen diskutierten Wirkungsbereichen. Als Ursachen verstärkter Wassererosion werden u. a. häufigere und ausgeprägtere erosive Starkregenereignisse insbesondere in den Monaten April bis Oktober und eine Zunahme der Winterniederschläge betrachtet. Mit dem Klimawandel und der damit verbundenen Temperaturerhöhung werden sich außerdem die Phänophasen und somit die Vegetationsperioden landwirtschaftlicher Kulturpflanzen verändern. Daraus resultiert eine Veränderung der Bodenbedeckung, die, in Zusammenhang mit der Veränderung des innerjährlichen Starkniederschlagsverhaltens zu einer weiteren Verstärkung oder aber auch Verminderung der potenziellen Erosionsgefährdung führen kann (Auerswald & Menzel 2021). Erosionsfördernd wirken Lücken in der Vegetation und längere Zeiträume ohne Bodenbedeckung auf Ackerflächen beispielsweise zwischen Ernte und Einsaat oder nach der Einsaat, bis die Jungpflanzen Bodenbedeckung erreicht haben. Auch eine intensivere Austrocknung des Bodens an der Oberfläche durch zunehmende Temperaturen im Sommerhalbjahr erhöht das Erosionsrisiko. Bodenerosion ist mit vielen nachteiligen Wirkungen auf die Böden (Onsite-Schäden) und die benachbarten Ökosysteme (Offsite-Schäden) verbunden. Da bei der Bodenerosion vor allem Feinmaterial aus den obersten Zentimetern des Bodens abgetragen wird, geht mit dem Abtrag der Verlust des wichtigen Humus und von Nährstoffen einher. Abgetragener Boden kann in benachbarte Gewässer eingetragen werden. Dieser diffuse Stoffeintrag widerspricht den Zielen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000), die das Erreichen einer guten ökologischen Gewässerqualität fordert. Daten zu Erosion(sgefährdung): Ein flächendeckendes repräsentatives Erosions-Monitoring gibt es in Deutschland bislang nicht. Es gibt hier noch zahlreiche ungelöste Fragen, die methodischen Herangehensweise an ein solches Erosions-Monitoring betreffend sowie die Lösung des Problems der extremen raum-zeitlichen Variabilität, die vor allem durch die raum-zeitlichen Variabilität der Regenerosivität verursacht wird. Ob es zu Bodenerosion kommt, wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Neben dem Niederschlagsgeschehen spielen insbesondere die Vegetationsbedeckung, die Bodenart, der Humusgehalt, der Wassergehalt des Bodens unmittelbar vor einem Starkniederschlag, die Form der Bodenbearbeitung sowie die Hangneigung und Hanglänge des Standorts eine bedeutende Rolle. Diese Faktoren werden in der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung ABAG zusammengeführt. Basierend auf der ABAG sind inzwischen zahlreiche unterschiedliche Modelle für die Abschätzung des Bodenabtragsrisikos im Einsatz. Unschärfen der Abschätzungen entstehen aber stets dadurch, dass die lokalen Gegebenheiten deutlich von den Annahmen abweichen können. Mit Blick auf die Einflüsse des Klimawandels werden in Zukunft direkt die Regenerosivität und indirekt die sich verändernde Bodennutzung Einfluss auf das Erosionsrisiko und Erosionsgeschehen nehmen. Die Regenerosivität (R-Faktor der Bodenabtragsgleichung) beschreibt die gebietspezifische erosionsauslösende Wirkung des Niederschlags, insbesondere die der erosiv wirkenden Starkniederschläge. Der R-Faktor lässt sich aus hochfrequenten Niederschlagsmessungen ermitteln. Der Anstieg des R-Faktors beträgt gegenwärtig etwa 10 % in sechs Jahren (Auerswald et al. 2019b). Die Wahrscheinlichkeit und Stärke von Starkregenereignissen sind innerhalb Deutschlands unterschiedlich hoch. So sind an der Küste und im norddeutschen Flachland die Starkregenereignisse meist seltener als in der Mitte und im Süden, wo das Gelände orographisch stärker gegliedert ist und konvektive Prozesse in der Atmosphäre begünstigt werden (DWD – Unwetterklimatologie). Der DWD betreibt ein Messnetz aus Radar-Stationen zur flächendeckenden und kontinuierlichen Niederschlagsmessungen. Die Messungen werden in
---------------------------	---

	mehreren Schritten und mit Hilfe von Ombrometer-Messdaten kalibriert. Seit 2001 stehen diese RADKLIM-Daten zur Verfügung. Neben der Veränderung der Regenerosivität kommt es – unter anderem Klimawandel-bedingt – auch zu zeitlichen Veränderungen in der Landnutzung, die Einfluss auf die Bodenerosion haben (s. o.). Der Einfluss der Fruchtfolgen (C-Faktor) könnte mit ihren zeitlichen Veränderungen aus agrarstatistischen Daten abgeleitet werden (vgl. Auerswald et al. 2021). Dies könnte perspektivisch für eine Weiterentwicklung des Indikators von Interesse sein. Indikator: <u>Indikator I</u> stellt bundesweit die zeitliche Entwicklung des R-Faktors dar. Der Indikator ist über ganz Deutschland gemittelt, was bedeutet, dass regionale Unterschiede nicht abgebildet werden. Auf der Grundlage der RADKLIM-Daten lässt sich eine Zeitreihe ab 2001 darstellen (Teil A des Indikators). Um auch Tendenzen für die weiter zurückliegende Vergangenheit aufzuzeigen, wird der Indikator um Teil B mit Daten (Ombrometermessungen) aus bundesweiten Datenrecherchen von Auerswald et al. 2019a und 2019b ab 1962 ergänzt. Teilweise handelt es sich um Daten zu Einzeljahren, teilweise um die Zentraljahre von mehrjährigen Mitteln. Es wird auf eine Trendanalyse verzichtet, da die Datenreihe zum einen erheblich von Extremwetterereignissen geprägt ist, zum anderen die Datenquellen heterogen sind. Trendanalysen sind (vergleichbar der Starkniederschlagsstatistik) in diesen Fällen nur für deutlich längere Zeitreihen sinnvoll. <u>Indikator II</u> besteht in einer Kartendarstellung, um die räumlichen Unterschiede innerhalb Deutschlands abzubilden.
Einschränkungen:	Die Jahresregenerosivität bildet nur die Jahressumme ab, sagt aber nichts darüber aus, wie die zeitliche Verteilung übers Jahr hinweg ist. Dieser Jahresgang ist wichtig, da auch die Empfindlichkeit der Flächen stark im Jahresverlauf variiert, beispielsweise durch eine variierende Vegetationsbedeckung. Auch die Zahl der erosiven Regen geht aus der Jahressumme nicht hervor. Die Zahl der Ereignisse bei gegebener Jahreserosivität spielt für die Schädigung der Böden durch Erosion keine Rolle, aber manche Offsite-Schäden nehmen zu, wenn sich die Jahreserosivität auf wenige aber stark erosive Regen konzentriert statt sich auf viele gering-erosive Regen zu verteilen. Die Daten, um auch diese Eigenschaften erosiver Regen zu quantifizieren liegen vor. Perspektivisch wäre dies für eine Weiterentwicklung des Indikators interessant.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	• Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) • Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt 2007 (NBS)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	DAS, Kap. 3.2.4: Klimaänderungen wirken sich auf den Nährstoff- und Wasserkreislauf sowie Bodenbildungsprozesse (Stoffkreisläufe, Humusbildung, Kohlenstoffbindung (C-Sequestrierung) und Erosionsprozesse aus, wodurch wesentliche natürliche Bodenfunktionen betroffen sind und teilweise beeinträchtigt werden können.
Ziele:	DAS, Kap. 3.2.4: Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden durch Verringerung bzw. Vermeidung der Bodenerosion und der schadhafte Bodenverdichtung sowie durch den Erhalt der organischen Substanz; Intensivierung des Bodenschutzes im Hinblick auf die Gefahren der Erosion und des Rückgangs der Humusgehalte, v a. auch in hydromorphen Böden BBodSchG § 17 (2): Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung sind die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit

	und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürlicher Ressource. Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört insbesondere, dass [...] 4. Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung, möglichst vermieden werden. NBS, Kap. B 2.5: kontinuierliche Rückführung der Bodenerosion bis 2020
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Indikator I: <u>Teil A:</u> DWD – RADKLIM <u>Teil B:</u> Datenbereitstellung durch Apl. Prof. Dr. Karl Auerswald <u>Teil C:</u> DWD – RADKLIM sowie Datenbereitstellung durch Apl. Prof. Dr. Karl Auerswald Indikator II: DWD – RADKLIM	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	Indikator I: NUTS 0 Indikator II: NUTS 3
Geographische Abdeckung:	Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	Indikator I: <u>Teil A:</u> jährlich, seit 2001 <u>Teil B:</u> unregelmäßig, seit 1962 <u>Teil C:</u> seit 1975 Indikator II: jeweils für letztes Berichtsjahr des DAS-Monitoringberichts	
Beschränkungen:	Daten zu Indikator-Teil B unterliegen Nutzungsbeschränkungen und dürfen ausschließlich zum Zwecke der Erstellung des DAS-Indikators verwendet werden.	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BO-I-3_Daten_Regenerosivitaet_2023.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	Regenerosivität: Die Regenerosivität beschreibt die potenzielle Fähigkeit des Niederschlags, durch seine kinetische Energie Bodenteilchen aus dem Aggregatverbund im Boden herauszulösen („Splash-Effekt“) und zu verspritzen. Bei Gefälle kann losgelöstes Bodenmaterial wegtransportiert werden. Da die kinetische Energie des Niederschlages aus gängigen Niederschlagsmessungen nicht direkt abgeleitet werden kann, wird die Niederschlagserosivität aus der Niederschlagsmenge und -intensität abgeleitet. Die Berechnung geht auf die ursprüngliche Universal Soil Loss Equation (Wischmeier et al. 1960) bzw. deren deutsche Übertragung in die Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG, Schwertmann et al. 1987, DIN 19708) zurück. Die Niederschlagserosivität wird in diesen Modellansätzen als R-Faktor bezeichnet (Neuhaus et al. 2010: 16). Die DIN 19708 (Februar 2005. Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG) enthält die Vorgabe zur Berechnung des R-Faktors. Der R-Faktor wird zunächst für die einzelnen Niederschlagsereignisse berechnet. Der Jahres-R-Faktor wird durch Aufsummieren aller Ereignis-R-Faktoren eines Jahres gebildet.
-----------------	--

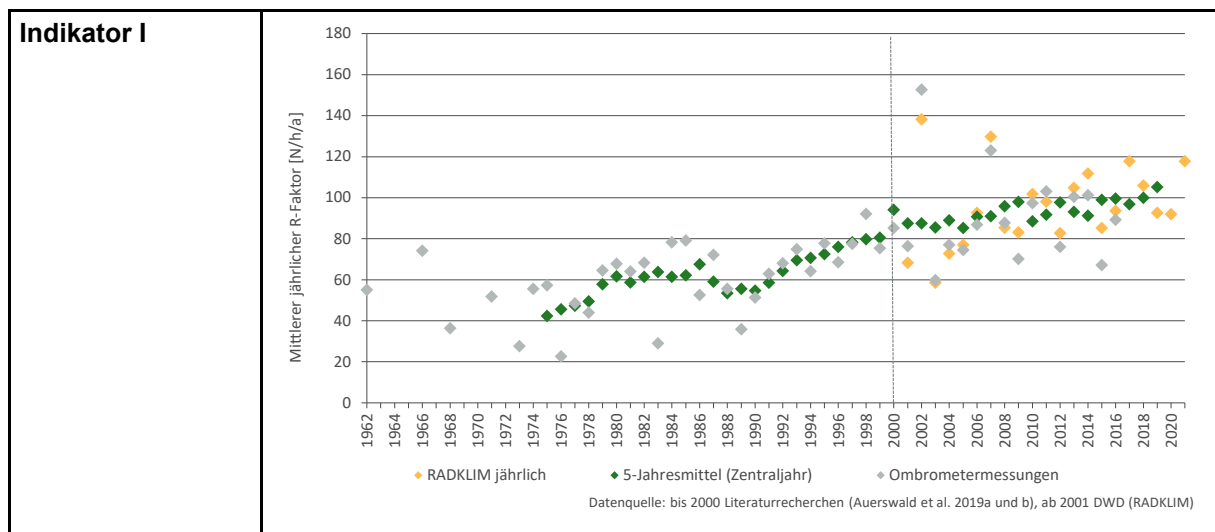
	ABAG (Allgemeine Bodenabtragsgleichung): Mit Hilfe der ABAG lässt sich der zu erwartende mittlere langjährige Bodenabtrag einer Fläche durch Wassererosion als Schätzung ermitteln. Die ABAG verknüpft die folgenden Faktoren: • Erosivitätsfaktor = R-Faktor (auch: Regen- und Oberflächenabflussfaktor), • Bodenerodierbarkeitsfaktor = K-Faktor, • Hanglängenfaktor = L-Faktor, • Hangneigungsfaktor = S-Faktor, • Bodenbedeckungs- und -bearbeitungsfaktor = C-Faktor, • Erosionsschutzfaktor = P-Faktor
Weiterführende Informationen:	Auerswald K., Fischer F., Winterrath T., Brandhuber R. 2019a: Rain erosivity map for Germany derived from contiguous radar rain data. Hydrol. Earth Syst. Sci., 23, 1819-1832. doi: 10.5194/hess-23-1819-2019 Auerswald K., Fischer F., Winterrath T., Elhaus D., Maier H., Brandhuber R. 2019b: Klimabedingte Veränderung der Regenerosivität seit 1960 und Konsequenzen für Bodenabtragsschätzungen. In Bachmann G., König W., Utermann J. (Hg.): Bodenschutz, Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser (Loseblattsammlung), Berlin, Erich Schmidt Verlag, 4090, 21. S. Auerswald K., Ebertseder F., Levin K., Yuan Y., Prasuhn V., Plambeck N.O., Menzel A., Kainz M. 2021: Summable C factors for contemporary soil use. Soil and Tillage Research 213, 105155, 12 S. doi: 10.1016/j.still.2021.105155 Auerswald K. & Menzel A. 2021. Change in erosion potential of crops due to climate change. Agricultural Forest Meteorology 300, 108338, doi: 10.1016/j.agrformet.2021.108338 DWD – Deutscher Wetterdienst / Unwetterklimatologie: Starkregen www.dwd.de/DE/leistungen/unwetterklima/starkregen/starkregen.html Fischer F.K., Auerswald K., Winterrath T., Brandhuber R. 2020: Klimabedingte Zunahme der Regenerosivität seit 1960. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 13: 609-613. Fischer F.K.; Winterrath T., Junghänel T., Walawender E., Auerswald K. 2019: Mean annual precipitation erosivity (R factor) based on RADKLIM Version 2017.002. doi: 10.5676/DWD/RADKLIM_Rfct_V2017.002 Mosimann T., Bug J. Sanders S., Beisiegel F. 2009: Bodenerosionsdauerbeobachtung in Niedersachsen 2000–2008. Geosynthesis H. 14, Veröffentlichungen des Inst. F. Physische Geographie und Landschaftsökologie der Leibniz Universität Hannover. Neuhaus P., Fiener P., Botschek J. 2010: Einfluss des globalen Klimawandels auf die räumliche und zeitliche Variabilität der Niederschlagserosivität in NRW. Abschlussbericht, 2. August 2010, i.A. des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 89 S. Routschek A. 2012: Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion. Schriftenreihe des LfULG (Sachsen), Heft 29/2012, 138 S. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15510 Schultz-Sternberg R., Bartsch R., Hommel R. 2010: Brandenburg spezifische Boden-Indikatoren für ein Klimamonitoring und Grundlagen zur Ableitung von Wirkungs- und Alarmschwellen. Fachbeiträge des Landesumweltamts Brandenburg (LUA) Heft-Nr. 114, Potsdam, 70 S. Winterrath T., Brendel C., Hafer M., Junghänel T., Klameth A., Walawender E., Weigl E., Becker A. 2017: Erstellung einer radargestützten Niederschlagsklimatologie. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 251, 73 S. https://www.dwd.de/DE/leistungen/radarklimatologie/radarklimatologie.html

	Wurbs D. & Steininger M. 2011: Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden - Untersuchungen zu Auswirkungen des Klima-wandels auf die Bodenerosion durch Wasser. UBA-Texte 16/2011, Dessau-Roßlau, 202 S. und Anhänge.
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Daten-verarbeitung:	2	Daten zu den Indikatoren I und II müssen aus Landkreis-spezifischen RADKLIM-Daten generiert werden.
	<u>Erläuterung:</u> Daten zu Indikator I werden aus Landkreis-spezifischen RADKLIM-Daten generiert. Für die Kartendarstellung zu Indikator II sind umfangreichere Berechnungen erforderlich. Der Aufwand für die Übernahme und weitere Berechnung der Daten sowie die Aktualisierung der Karte beläuft sich auf ca. 5 Stunden.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Deutscher Wetterdienst (DWD), KU 42 Niederschlagsüberwachung		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag



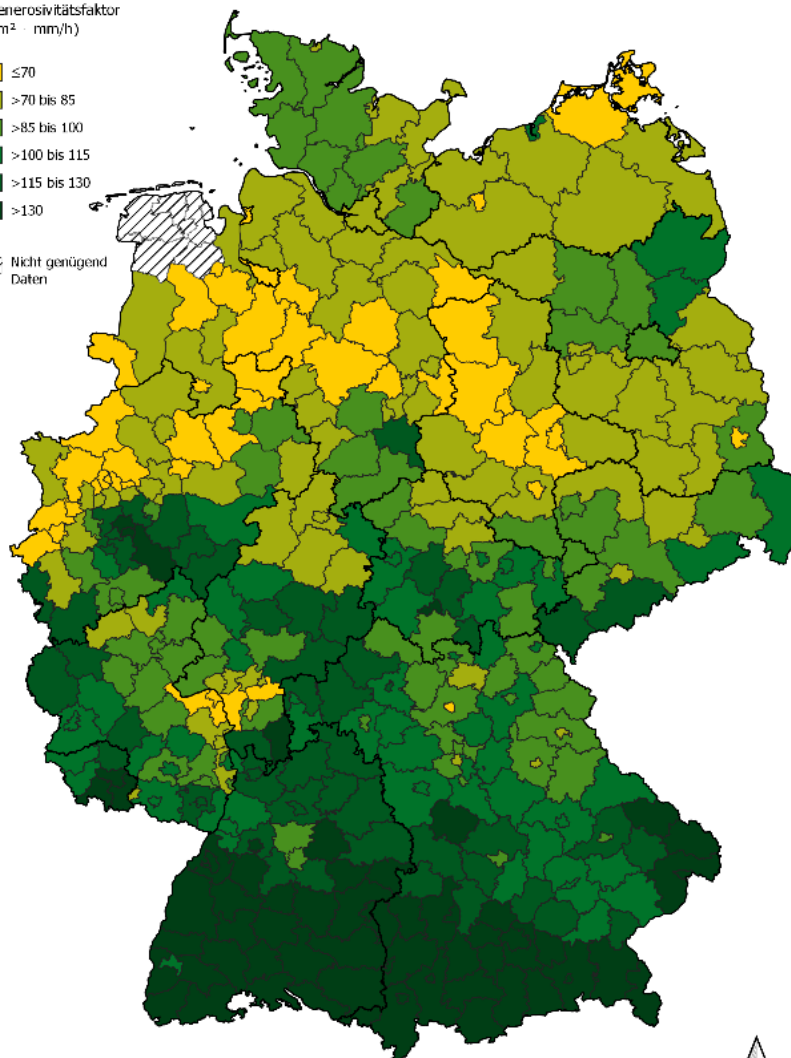
Indikator II:
Regenerositäts-
faktor deutscher
Kreise im Mittel der
Jahre 2017 bis
2021

Regenerositätsfaktor deutscher Kreise - Mittel der Jahre 2017-2021

Regenerositätsfaktor
($\text{kl}/\text{m}^2 \cdot \text{mm}/\text{h}$)

- ≤ 70
- >70 bis 85
- >85 bis 100
- >100 bis 115
- >115 bis 130
- >130

Nicht genügend
Daten



Datenquelle:
Geobasisdaten: Geobasis-DE/BKG 2021
Fachdaten: DWD - RADKLIM



VIII Anlagen – Umstellung des Indikators auf die Nutzung von Rasterdaten

Ab dem Datenjahr 2021 stellt der DWD die RADKLIM-Daten zur Regenerosivität als Shape-File in höherer Auflösung zur Verfügung. Statt Kreismittel enthalten die Shape-Datensätze nun mittlere R-Faktoren auf Gemeindeebene. Zusätzlich werden bundesweite Rasterdatensätze in einer Auflösung von 1 km mal 1 km und umlaufendem 10 km-Puffer angeboten. Da der Indikator bisher auf Kreismitteln beruhte, waren mit dem neuen und erweiterten Datenangebot methodische Änderungen für den Indikator verbunden. Eine Berechnung von Kreismitteln aus den Gemeindemitteln ist äußerst aufwändig und rechenintensiv. Aus diesem Grund wurden die zwei folgenden Alternativen erprobt und auf ihre Abweichung zu den Werten der bisherigen Datenreihe hin untersucht.

Variante 1: Berechnung des mittleren R-Faktors auf Grundlage von Gemeindemitteln

Bis 2020 wurden die mittleren R-Faktoren der einzelnen Kreise flächengewichtet nach jeweiliger radarabgedeckter Kreisfläche für ganz Deutschland gemittelt. Diese Methodik wurde analog auf den Gemeinde-Datensatz angewandt. Die Ergebnisse zeigen nur geringfügige Abweichungen zu den Werten auf Grundlage der Kreismittel (s. Tabelle). Die Abweichungen sind auf die höhere Auflösung, den ausbleibenden Schritt der Kreismittelbildung sowie etwaige geringfügige Änderungen in den Gemeinde- und Kreisgrenzen zu erklären.

	Mittlerer R-Faktor auf Grundlage der Gemeindemittel (neu)	Mittlerer R-Faktor auf Grundlage der Kreismittel (bisher)	Abweichung (Betrag)
2001	68,274	68,127	0,1467
2002	138,310	138,197	0,1135
2003	58,540	58,543	0,0024
2004	72,771	72,708	0,0635
2005	76,974	76,901	0,0730
2006	92,681	92,610	0,0703
2007	129,837	129,839	0,0016
2008	85,403	85,412	0,0093
2009	83,158	83,116	0,0417
2010	101,818	101,747	0,0707
2011	98,114	98,150	0,0364
2012	82,761	82,768	0,0071
2013	104,853	104,818	0,0354
2014	111,800	111,893	0,0928
2015	85,240	85,257	0,0162
2016	93,644	93,661	0,0165
2017	117,871	117,935	0,0643
2018	106,004	106,053	0,0493
2019	92,668	92,658	0,0104
2020	92,028	92,084	0,0560
2021	117,819		

Variante 2: Berechnung des mittleren R-Faktors auf Grundlage von Rasterdaten

Bei Verwendung von deutschlandweiten Rasterdaten, die unabhängig von Gemeinde- und Kreisgrenzen sind, entfällt eine Flächengewichtung. Dadurch reduziert sich der Rechenaufwand. Da die Raster über einen 10-km-Puffer verfügen, um die Grenzbereiche umfänglich abzubilden, müssen die Datensätze allerdings zunächst auf die Fläche der Bundesrepublik zugeschnitten werden. Anschließend lässt sich der Mittelwert des gesamten Rasters über die Ausgabe einer Rasterdatenstatistik berechnen. Die Ergebnisse weichen auch bei dieser Variante nur geringfügig von den bisherigen Werten ab (s. Tabelle).

	Mittlerer R-Faktor auf Grundlage zugeschnittener Raster (neu)	Mittlerer R-Faktor auf Grundlage der Kreis-mittel (bisher)	Abweichung (Betrag)
2001	68,2741	68,127	0,1472
2002	138,3148	138,197	0,1179
2003	58,5402	58,543	0,0026
2004	72,7737	72,708	0,0659
2005	76,9788	76,901	0,0775
2006	92,6863	92,610	0,0759
2007	129,8390	129,839	0,0005
2008	85,4031	85,412	0,0088
2009	83,1638	83,116	0,0480
2010	101,8282	101,747	0,0809
2011	98,1178	98,150	0,0324
2012	82,7692	82,768	0,0009
2013	104,8625	104,818	0,0445
2014	111,8015	111,893	0,0917
2015	85,2472	85,257	0,0094
2016	93,6425	93,661	0,0183
2017	117,8791	117,935	0,0557
2018	106,0048	106,053	0,0485
2019	92,6704	92,658	0,0128
2020	92,0281	92,084	0,0559
2021	117,825		

Aufgrund der grundsätzlich hohen Genauigkeit, des geringeren Rechenaufwandes sowie der Unabhängigkeit der Rasterdaten von Änderungen der Gemeinde- und Kreisgrenzen wurde der Indikator auf eine Nutzung der Rasterdatensätze umgestellt.