

Indikator-Factsheet: Bodenwasser in landwirtschaftlich genutzten Böden

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	für 2015 und 2019: Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (Franz-Josef Löpmeier) Deutscher Wetterdienst (DWD), Agrarmeteorologische Forschungsstelle (Falk Böttcher) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Fachbereich 2.2 Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden (Dr. Rainer Baritz) für 2023: Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (Dr. Cathleen Frühauf)	
Letzte Aktualisierung:	02.05.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	10.12.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	27.10.2017	ZAMF (Cathleen Frühauf)
	21.12.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler, Stefan von Andrian-Werburg): Aktualisierung der Links, Anpassung der Methodenbeschreibung (AMBAV-Modell wurde vom ZAMF vollständig überarbeitet und rechnet jetzt auf einem 1x1km-Raster mit den Böden aus der BÜK1000; Indikator wurde auf die neue Modellversion umgestellt und die gesamte Zeitreihe rückwirkend und nun auch für einen längeren Zeitraum überarbeitet)
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:		

I Beschreibung

Interne Nr. BO-I-1	Titel: Bodenwasser in landwirtschaftlich genutzten Böden
Einheit: <u>Teil A:</u> % <u>Teil B:</u> % <u>Zusatz:</u> %	Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Langjähriges Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Wintergetreide in den Monaten Mai und Juli <u>Teil B:</u> Langjähriges Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Zuckerrübe in den Monaten Juli und September <u>Zusatz:</u> Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Wintergetreide in den Monaten Mai und Juli und für Zuckerrübe in den Monaten Juli und September differenziert in die Regionen Süd, Ost, Mitte und Nord

	Berechnungsvorschrift: <u>Teile A und B:</u> Die Daten werden mit der gleichen Modellversion berechnet, mit der vom DWD auch die Karten für den Bodenfeuchteviewer erzeugt werden. Dargestellt werden die 31-jährigen gleitenden Mittel basierend auf der Methodik der Gauß'schen Tiefpassfilterung. Die Werte basieren auf Berechnungen des in der Praxis erprobten SVAT-Modells (SVAT = Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer) AMBAV. Das AMBAV Modell berechnet die Verdunstung mit einem klassischen Penman-Monteith-Ansatz, der mit einem Modell zur Bodenhydraulik verknüpft wurde. Es zeichnet sich unter anderem durch eine genaue Berücksichtigung der phänologischen Entwicklung der jeweils betrachteten Kultur aus. Das Modell wird routinemäßig in der agrarmeteorologischen Beratung eingesetzt (z. B. Berechnungsberatung). Die Eichung des Modells erfolgt mit Lysimetermessungen und Bodenfeuchtemessungen der ZAMF und Messungen der Bodenfeuchte an den agrarmeteorologischen Außenstellen des DWD. Mit der Weiterentwicklung zu AMBAV 2.0 wird das Modell für eine bessere räumliche Repräsentanz in einem Raster in 1 km x 1 km Auflösung über Deutschland betrieben. Bei der Berechnung werden nun die typischen regionalen Böden auf Grundlage der Bodenübersichtskarte BÜK 1000 der BGR berücksichtigt (BGR 2007; DWD 2022). <u>Zusatz:</u> Die Mittelwerte werden aus allen Rasterzellen der jeweiligen Region gebildet. Für die Regionen wurden folgende Bundesländer zusammengefasst: • Region Süd: Baden-Württemberg, Bayern • Region Ost: Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen • Region Mitte: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland • Region Nord: Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein
Interpretation des Indikatorwerts:	Je niedriger der Indikatorwert, desto eher muss für die Kulturpflanzen mit Trockenstress gerechnet werden.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Boden
Themenfeld:	Bodenwasserhaushalt
Thematischer Teilaspekt:	Änderung des Bodenwasservorrats
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Klimawandelmonitoring Brandenburg: B-2 Bodenwassergehalt Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring NRW: 5.2 Bodenfeuchte Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-BO-1 Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-B2 Langfristige Entwicklung des Bodenwasservorrats
Begründung:	Veränderungen von Niederschlagsverhältnissen und Lufttemperatur wirken sich direkt auf den Wasser- und Stoffhaushalt des Bodens aus. Bodenwassergehalte, Verdunstungsraten und Grundwasserneubildung können sich ändern.

	Als mögliche Folgen des Klimawandels für den Bodenwasserhaushalt werden diskutiert (u. a. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein): • Veränderung des pflanzenverfügbaren Wassers (nutzbare Feldkapazität): Wenn in den Frühjahrs- und Sommermonaten Perioden hoher Temperaturen und geringer Niederschläge mit einem erhöhten Wasserbedarf der Vegetation zusammenfallen, kann das pflanzenverfügbare Bodenwasser rasch ausgeschöpft werden. Insbesondere im Aufwuchsstadium der Pflanzen (April bis Juni) kann eine Abnahme der Bodenfeuchte zur Einschränkung der Wasserversorgung führen. Durch die Trockenstress-Situation der Pflanzen kann es zu Ernteeinbußen oder Schäden an der natürlichen Vegetation (z. B. in Feuchtgebieten) kommen. Problematisch ist dies besonders bei sandigen Böden, die nur über eine geringe nutzbare Feldkapazität verfügen und nur geringe Mengen der Winter- und Frühjahrsniederschläge bis in die Vegetationsperiode hinein speichern können. • Veränderung von Infiltration und Abflussverhalten sowie der frühjahrszeitlichen Vorsättigung: Die jahreszeitlichen Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse können eine Abnahme der Sickerwassermengen im Sommer und eine Zunahme im Winter bewirken. Die Folge wären veränderte Stoffverlagerungsprozesse, die die Nitratmobilisierung und -verlagerung beeinflussen. Ebenso sind Änderungen im Abflussverhalten zu erwarten. Beispielsweise behindern sehr trockene (hydrophobe) Bodenzustände das Einsickern (Infiltration) von Niederschlagswasser in den Boden, was in Extremfällen zu erhöhtem Oberflächenabfluss und Bodenerosion führen kann. Auch die Zunahme der Winterniederschläge und winterlichen Starkregenereignisse kann bei fehlender schützender Vegetationsdecke zu erhöhter Bodenerosion führen. Außerdem kann durch den Anstieg der Winterniederschläge die Gefahr einer Bodenverdichtung zunehmen, und es kann bei falscher Bodenbearbeitung insbesondere von Böden, die aufgrund hoher Tongehalte, stauender Schichten oder hoch anstehendem Grundwasser zu Staunässe neigen, auch zu dauerhaften Verdichtungsschäden kommen. • Wechselwirkungen mit anderen bodenrelevanten Faktoren: Der Bodenwasser- und Bodentemperaturhaushalt ist für viele Bodenfunktionen (Wachstum, Filter, Speicher) eine zentrale Regelgröße. Mit Veränderungen des Bodenwassergehalts können negative Folgen wie Wind- und Wassererosion, Humusverluste und höhere Verdichtungsgefährdungen einhergehen. Durch den Rückgang der Bodenfeuchte und in Abhängigkeit der bodenthermischen Verhältnisse und Nutzungsintensität kann u. a. die Mineralisierung organischer Substanz verstärkt werden. In unbewirtschafteten Mooren kann dies zu einem Rückgang der Torfmächtigkeiten führen. Durch Verluste organischer Substanz wird insbesondere auf tonarmen Böden die Wasserspeicherfähigkeit reduziert. Die Wasserspeicherfunktion von Böden ist aber mit Blick auf die prognostizierten häufigeren Extremwetterereignisse mit schnell eintretendem Oberflächenabfluss bei Starkregen oder Trockenheit bei ausbleibendem Niederschlag von großer Bedeutung. Je nach Boden und Nutzungsart sind unterschiedliche Teilparameter von Bedeutung. Frühjahrs- bzw. Frühsommertrockenheit, d. h. geringere Bodenfeuchten in den Monaten April bis Juni, haben für landwirtschaftliche Kulturen und hier insbesondere für die Getreidearten Konsequenzen, da diese in dieser Aufwuchsphase sowohl ihre Blüten anlegen als auch ein verstärktes Wachstum zeigen. Durch Trockenstress in dieser Phase kann die Ertragsleistung sehr stark gemindert werden. Die Wasserversorgung im letzten Entwicklungsstadium ist je nach Kulturart unterschiedlich zu bewerten. Beim Getreide kann eine Wasserübersättigung zur Erntezeit eher auf problematische Situationen hinweisen, da dies den Abreifungsprozess beeinträchtigen und die Befahrbarkeit reduzieren kann. Bei den Hackfrüchten ist dagegen auch im Endstadium
--	---

	(i. d. R. September) eine ausreichende Wasserversorgung günstig, da die Kulturen bis kurz vor der Ernte noch Biomasse zulegen können. Der Indikator bildet anhand zweier wirtschaftlich bedeutsamer landwirtschaftlicher Kulturpflanzenarten(-gruppen), dem Wintergetreide und der Zuckerrübe (Letztere stellvertretend für die Hackfrüchte) unterschiedliche Anbauverhältnisse ab. Der jahreszeitliche Wasserbedarf vom Wintergetreide erstreckt sich vom Winter bis in den frühen Sommer, der Hauptwasserbedarf der Zuckerrübe liegt dagegen in den Sommermonaten. Die flächendeckende Modellierung für ganz Deutschland bzw. die vier Regionen Nord, Mitte, Ost und Süd mit AMBAV 2.0 bezieht sich dabei jeweils auf die tatsächlichen zugrundeliegenden Bodenverhältnisse auf Basis der Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 (BÜK1000) und die erfassten Niederschläge und wird unter der Annahme berechnet, dass deutschlandweit eine einheitlichen Kultur (Wintergetreide bzw. Zuckerrübe) angebaut wird. Die Berücksichtigung von Wintergetreide sowie Zuckerrübe ermöglicht es, Trockenstress-Situationen sowohl im Frühjahr als auch im Sommer gut abzubilden. Abgebildet wird das pflanzenverfügbare Bodenwasser als Prozentanteil der nutzbaren Feldkapazität für die Bodenschicht 0 bis 60 cm. Unterhalb eines Wertes von 50 % nFK muss bei den Pflanzen grundsätzlich mit Trockenstress gerechnet werden. Werte über 100 % nFK bedeuten, dass die Poren der Böden fast vollständig mit Wasser gefüllt sind und Versickerung auftritt. Je geringer der Sättigungsgrad ist, desto größer ist das Risiko, dass die Pflanzen unter den gegebenen Standortbedingungen in einer ihrer entscheidenden Entwicklungsphasen unter Trockenstress leiden. Mit den beiden für die Indikator Darstellung gewählten Monaten Mai und Juli für das Wintergetreide sowie Juli und September für die Zuckerrübe wird jeweils ein mittleres Entwicklungsstadium und das Reifestadium der Pflanzenentwicklung abgebildet. Die für den Indikator genutzten Daten der AMBAV-Modellberechnungen werden regelmäßig und hochfrequent fortgeschrieben und die genutzten Modelle sind qualitätsgesichert. Die Daten für den Indikatorzusatz müssen separat vom DWD zusammengestellt werden. Die Regionseinteilung wird vom Indikator LW-I-2 Ertragsschwankungen übernommen, da von inhaltlichen Zusammenhängen beider Indikatoren ausgegangen werden kann. Details zur räumlichen Ausprägung der Daten lassen sich außerdem unmittelbar aus den Kartendarstellungen (Tageswerte) für Winterweizen im Bodenfeuchteviewer entnehmen.
Einschränkungen:	Der Indikator ist eine grobe Vereinfachung der differenzierten Verhältnisse unter unterschiedlichen Nutzungen, bei unterschiedlichen Bodenarten, unterschiedlich tief durchwurzelten Bodenhorizonten, unterschiedlicher Vorsättigung der Böden im Frühjahr etc. Er vermag daher nur sehr grob Veränderungen abzubilden. Die Berechnung der Indikatoranteile A und B basierend auf dem Gauß'schen Tiefpassfilter erfordert bei der Fortschreibung jeweils eine Neuberechnung der gesamten Zeitreihe (s. Erläuterungen zur Gauß'schen Tiefpassfilterung unter Glossar). Der Indikator stellt eine starke Vereinfachung der räumlich hoch differenzierten Verhältnisse von Böden, Witterung und landwirtschaftlicher Nutzung innerhalb Deutschlands dar. Das Flächenmittel für Deutschland lässt keine Aussagen zu, in welchen Teilregionen konkret Engpässe in der Wasserversorgung der Pflanzen auftreten. Eine direkte Gegenüberstellung der Werte mit der kritischen Grenze von 50 % der nFK ist daher nicht möglich. Hierzu bedürfte es zumindest einer Abbildung der Streuung oder der Perzentilwerte, die aber für eine bundesweite Indikator Darstellung zu differenziert wäre. Alternativ können für diese Interpretationen allerdings die räumlich differenzierten Kartendarstellungen im Bodenfeuchteviewer herangezogen werden.

	Der Indikator fokussiert stark auf die landwirtschaftliche Nutzung und deren Bedingungen. Rückschlüsse auf die Bodenverhältnisse unter anderen Landnutzungen wie z. B. Wald und naturnahen Ökosystemen sind damit nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)
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. Kap. 3.2.4: Klimatisch bedingte Änderungen im System Boden haben direkte Auswirkungen auf natürliche Produktionssysteme, den Wasserkreislauf (in qualitativer und quantitativer Hinsicht) sowie [...].
Ziele:	DAS, Kap. 3.2.4: Schutz der Bodenfunktionen
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Daten des Bodenfeuchteviewer	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	<u>Teile A und B:</u> ganz Deutschland, basierend auf einer Berechnung der nFK mit dem Modell AMBAV 2.0 in einem 1km x 1km-Raster auf der Basis von Rasterdaten (1km x 1km) zu Böden (BÜK1000) und die meteorologischen Eingangsgrößen. <u>Zusatz:</u> vier Regionen: Region Süd: Baden-Württemberg, Bayern Region Ost: Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen Region Mitte: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland Region Nord: Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein Hinweis: Die für die Regionen differenzierten Datensätze lassen sich nicht zum deutschlandweiten Mittelwert verrechnen.	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, ab 1961	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BO-I-1_Daten_Bodenwasser_Landwirtschaft.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	Bodenfeuchte: Die Bodenfeuchte ist der Anteil des Wassers der gegen Schwerkraft in der Matrix gehalten wird (Scheffer & Schachtschabel 2002). Die wichtigsten Kenngrößen, welche die Bodenfeuchte beschreiben sind die Feldkapazität (FK), die nutzbare Feldkapazität (nFK) und der permanente Welkepunkt (PWP) (Bohne 2005). Gauß'sche Tiefpassfilterung: Bei der gleitenden Mittelwertbildung mit der Gauß'schen Tiefpassfilterung werden die einzelnen Jahre unterschiedlich gewichtet, je nachdem wie nah sie an dem zu berechnenden Jahr liegen
-----------------	--

	(Schönwiese 1985). Der Mittelwert wird aus den jeweils zurückliegenden und den nachfolgenden 15 Jahren berechnet. Gibt es noch keine Daten zu den 15 nachfolgenden Jahren fließen die existierenden Daten gewichtet in die Mittelwertbildung ein. Nutzbare Feldkapazität (nFK): Die nFK kennzeichnet die Menge des im Boden vorhandenen Wassers, das den Pflanzen und Bodenlebewesen zur Verfügung steht (nFK = FK-WP). Sie ist somit ein wichtiger Faktor für die Ertragsleistung von landwirtschaftlichen Standorten besonders in Jahren mit geringem Niederschlag (Eulenstein & Glemnitz 2007). Unterhalb eines Wertes von 50 % nFK muss bei den Pflanzen mit Trockenstress gerechnet werden. Werte über 100 % nFK bedeuten, dass der Wert der Feldkapazität erreicht ist. Bei Sättigung des Bodens liegen die Werte über 100 % nFK.
Weiterführende Informationen:	Bodenfeuchteviewer: www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/5_bofeue-view/_node.html BGR – Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2007: Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000). Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover. DWD – Deutscher Wetterdienst 2022: Dokumentation AMBAV 2.0. https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/landwirtschaft/dokumentationen/allgemein/ambav-20_doku.html Internetinformationen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein „Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden“: www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/B/boden/auswirkungenSH.html Schönwiese C.D. 1985: Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Berlin / Stuttgart: 190 ff. 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.

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Daten-verarbeitung:	2	Daten zu den Teilen A und B werden aus den täglichen Routineberechnungen übernommen. Für die Zusätze sind eigene Berechnungen durch den DWD erforderlich.
	<u>Erläuterung:</u> Für die Teile A und B bedarf es keiner weiteren Datenverarbeitung. Die Berechnung der Indikatorzusätze muss seitens des DWD speziell für den DAS-Indikator erfolgen. Für den DWD ist die Fortschreibung mit ca. 1 Stunde Aufwand verbunden, die Aktualisierung des Daten-Factsheets nimmt ca. 1 weitere Stunde in Anspruch.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	DWD, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF)		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag



