

Indikator-Factsheet: Temperatur im Oberboden

Verfasser*innen:	Deutscher Wetterdienst, Abt. Agrarmeteorologie (Falk Böttcher) Erarbeitet im Kontext des UBA (FG II 2.7) FKZ 3719 71 204 0 (Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds für die Themen Bodenbiologie und organische Bodensubstanz) In das DAS-Monitoring aufgenommen i. A. des Umweltbundesamtes / Kompass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Umweltbundesamt, FG II 2.7 (Jeannette Mathews, Kirstin Marx), ahu GmbH (Carolin Kaufmann-Boll, Maike Kern) Deutscher Wetterdienst, Abteilung Agrarmeteorologie (Falk Böttcher) Bosch & Partner (Konstanze Schönthaler)	
Letzte Aktualisierung:	21.09.2021	Erstentwurf durch ahu GmbH und UBA
	28.09.2021	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Redaktionelle Überarbeitungen
	26.08.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Datenaktualisierung
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	nach 2023	Eine mögliche methodische Erweiterung des Indikators besteht darin, die Ereignistage hinsichtlich der Anzahl und Dauer von Perioden auszuwerten.

I Beschreibung

Interne Nr. BO-I-4	Titel: Temperatur im Oberboden
Einheit: Anzahl	Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Mittlere Anzahl der Tage mit einer mittleren Temperatur von über 5°C in 10 cm Tiefe für 15 ausgewählte Stationen <u>Teil B:</u> Mittlere Anzahl der Tage mit einer mittleren Temperatur von über 5°C in 10 cm Tiefe in den Perioden 1961 bis 1990 und 1991 bis 2020 für 15 ausgewählte Stationen
	Berechnungsvorschrift: <u>Teil A:</u> <u>Schritt 1:</u> Für jede der 15 ausgewählten Messstellen (s. Anlage 1) aus Terminwerten Berechnung des Tagesmittelwerts der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe <u>Schritt 2:</u> Für jede der 15 ausgewählten Messstellen Aufsummierung der Tage für das kalendarische Jahr, an denen die Tagesmitteltemperatur in 10 cm Tiefe (s. Schritt 1) den Schwellenwert 5°C überschreitet <u>Schritt 3:</u> Mittlere Anzahl der Tage mit einer mittleren Temperatur > 5°C in 10 cm Tiefe = Summe der Jahressummen aller Überschreitungstage der 15 Stationen / 15

	<u>Teil B:</u> Mittlere Anzahl der Tage mit einer mittleren Temperatur > 5°C in 10 cm Tiefe im Zeitraum 1961 bis 1990 = Summe aller mittleren Jahressummen 1961-1990 (aus Schritt 3) / 300 Mittlere Anzahl der Tage mit einer mittleren Temperatur > 5°C in 10 cm Tiefe im Zeitraum 1991 bis 2020 = Summe aller mittleren Jahressummen 1991-2020 (aus Schritt 3) / 300
Interpretation des Indikatorwerts:	<u>Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert ist, an desto mehr Tagen im Jahr wird der Schwellenwert von 5°C im Mittel überschritten. <u>Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert ist, an desto mehr Tagen im 30-jährigen Mittel wird der Schwellenwert von 5°C überschritten.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Boden
Indikationsfeld:	Bodenwärmehaushalt
Thematischer Teilaspekt:	Änderung der Bodentemperatur
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-B3 Langfristige Entwicklung der Bodentemperatur Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen: 4.1 – Bodentemperatur Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-BO-3 Bodentemperatur, I-BO-4 Bodenfrost in Waldböden
Begründung:	Ursache-Wirkungszusammenhang: Eine Zunahme der Temperatur im Boden hat Konsequenzen für den Pflanzenbau (Keimung und Wachstum der Pflanzen), das Leben im Boden (Aktivität der Bodenorganismen) und die Bodenstruktur. Bodenentwicklungsprozesse wie Verwitterung und Zersetzung werden bei steigender Temperatur beschleunigt. Ein verstärkter Humusabbau führt zu einer verringerten Wasserspeicherkapazität des Bodens und reduziert die Gefügestabilität. Die Bodentemperatur ist auch der wichtigste Treiber der Bodenatmung, deren Anstieg zu einer zusätzlichen CO₂-Freisetzung aus den Böden und damit zu einer positiven Rückkopplung bei der Erderwärmung führen kann. Im Allgemeinen verbessern sich mit steigender Bodentemperatur bei einer ausreichenden Bodenfeuchte die Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen und die CO₂-Freisetzung nimmt zu. Ein Temperaturanstieg kann andererseits auch die Bindung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden fördern, denn durch die erhöhte Temperatur und die damit verbundene längere Vegetationsperiode bilden die Pflanzen bei ausreichendem Wasserangebot unter Verbrauch von CO₂ aus der Atmosphäre mehr Biomasse. Diese gelangt in den Boden und erhöht die Bodenkohlenstoffvorräte. Bei Überschreiten der Temperatur von 5 °C in Bodentiefen zwischen 5 und 10 cm finden in relevantem Umfang mikrobielle Umsetzungsprozesse statt, es kommt zur Nährstoffmobilisierung und die Entwicklung der meisten Pflanzenarten setzt ein; beim Unterschreiten dieser Temperatur kommen die Entwicklungsprozesse weitgehend zum Erliegen. Daher werden Überschreitungen dieses Schwellenwerts zur Indikatorenbildung herangezogen.

	Relevanz: Der Indikator erlaubt Rückschlüsse auf den Bedarf zur Anpassung der land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung (beispielsweise die Terminierung agronomischer Maßnahmen und die Kulturartenwahl) aufgrund von Folgen erhöhter Bodentemperatur (Trockenheit, Veränderungen des Humusvorrats), auf Auswirkungen für die Bodenlebensgemeinschaft und bodenchemische Prozesse sowie auf das Potenzial für THG-Emissionen aus Oberböden. Auswahl der Messstellen für das bundesweite Netz: Die Auswahl der Stationen erfolgte nach den folgenden Kriterien: • weitgehende Abdeckung des Bundesgebiets, • Ausschluss eines Grundwassereinflusses in einer Tiefe bis 1 m, • Daten seit mindestens 1961 vorhanden, • Datenbereitstellung für die Aktualisierung des Indikators auch für die Zukunft gesichert. Auswertung der Daten: Aufgrund der unterschiedlichen Charakteristika der Bodentemperatur an den einzelnen Messstellen lassen sich die absoluten Messwerte über mehrere Stationen nicht sinnvoll für eine bundesweite Darstellung mitteln. Daher wird für die Ermittlung des DAS-Indikators die Häufigkeit der Überschreitung eines Temperaturschwellenwerts verwendet. Über die Anzahl der Tage ist eine Mittelung möglich. Der Vergleich der langjährigen Mittelwerten für die Zeitperioden 1961 bis 1990 und 1991 bis 2020 dient zur Verdeutlichung der aktuellen Veränderung des Indikators.
Einschränkungen:	Die Bodentemperatur wurde in der Vergangenheit nicht an allen Wetterstationen des DWD gemessen und auch nicht für alle Stationen digital aufbereitet, sodass die Messstellenauswahl begrenzt ist. Die Entwicklung der Bodentemperatur kann damit nur exemplarisch anhand ausgewählter Messstellen für das gesamte Bundegebiet abgebildet werden. Eine 1:1-Übertragung auf landwirtschaftliche Nutzflächen ist nicht möglich, weil die Bodentemperaturmessflächen in den Messfeldern der DWD-Wetterstationen ständig bewuchsfrei gehalten werden und kein zielgerichtetes Nährstoffmanagement auf diesen Flächen erfolgt. Die zeitliche Variabilität der Temperatur im Oberboden ist hoch. Infolgedessen sind zuverlässige Trendaussagen erst nach langen Zeiträumen möglich.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG)
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)
Ziele:	DAS, Kap. 3.2.4: Nachhaltige Sicherung der Funktionen des Bodens § 1 Bundes-Bodenschutzgesetz: Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren [...]. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden

Berichtspflichten:	keine
---------------------------	-------

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Deutschen Wetterdienstes (DWD): Agrarmeteorologisches Messnetz	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	Deutschland, anhand von 15 über die Fläche der Bundesrepublik verteilten DWD-Stationen	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1961	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BO-I-4_Daten_Bodentemperatur.xlsx	

V Zusatz-Informationen

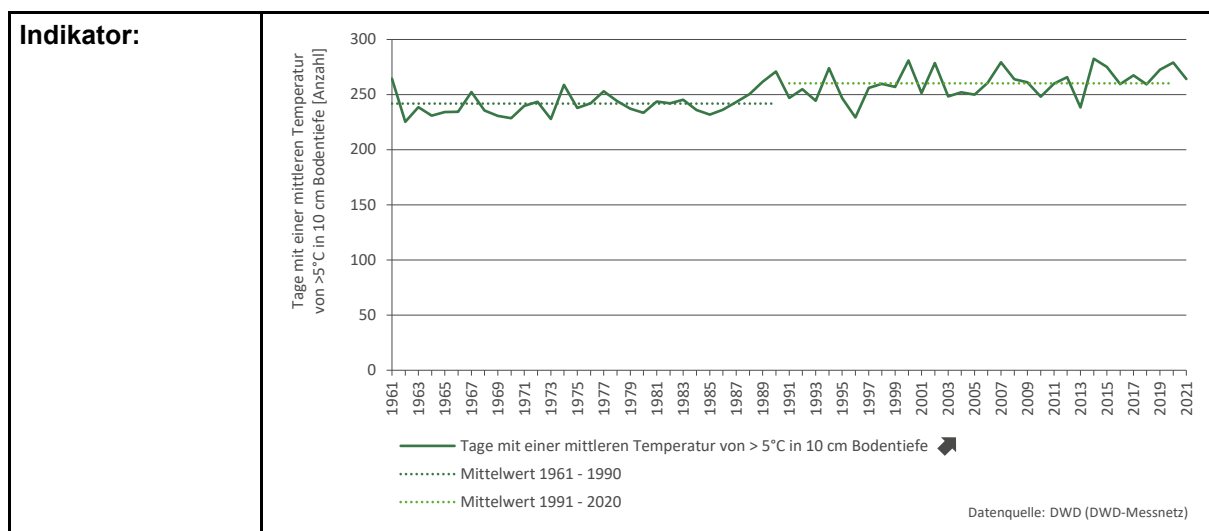
Glossar:	-
Weiterführende Informationen:	Ellmer F 2008: Dauerfeldversuche in Deutschland – Übersicht und Forschungspotentiale. In: Umweltbundesamt (Hg.): UBA-Workshop „Böden im Klimawandel – Was tun?!“ am 22./23. Januar 2008, Dessau-Roßlau: 225-234. Makroum I. 2019: Erdbodentemperatur im Klimawandel. Masterarbeit Universität Greifswald, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Inst. für Physik. Unveröffentlicht. Schinner F., Sonnleitner R. 1996: Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Bd. I. Grundlagen, Klima, Vegetation und Bodentyp. Berlin, Heidelberg, New York, 450 S. Schönwiese C.D. 2005: Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Berlin / Stuttgart. Werkenthien M. 2012: CO₂-Freisetzung ausgewählter Moore in Berlin und Brandenburg, Diplomarbeit an der TU Berlin. Unveröffentlicht. Zak D.R., Holmes W.E., Mac-Donald N.W., Pregitzer K.S. 1999: Soil Temperature, Matric Potential, and the Kinetics of Microbial Respiration and Nitrogen Mineralization. Soil Science Society of America Journal 63 (1999): 575-584. doi: 10.2136/SSSAJ1999.03615995006300030021X

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwandsschätzung:	Daten beschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverarbeitung:	2	Daten werden vom DWD gewonnen und berechnet.
	<u>Erläuterung:</u> Die Tagesmittelwerte und die Summen der Überschreitungstage werden für die Messstellen vom DWD geliefert. Die Berechnung der Indikatorwerte erfordert für jedes Jahr ca. 2 Stunden Arbeitszeit. Die Aktualisierung des Daten-Factsheets für die Berichtsfortschreibung nimmt ca. 1 weitere Stunde in Anspruch.		
Datenkosten:	keine		

Zuständigkeit:	Koordinationsstelle
	<u>Erläuterung:</u> Die Aktualisierung des Indikators wird in Zusammenarbeit mit dem DWD, Abteilung Agrarmeteorologie vorgenommen.

VII Darstellungsvorschlag



VIII Anlagen – Lage der ausgewählten DWD-Stationen

