Indikator-Factsheet: Bodenwasser in Waldböden

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Thünen-Institut für Waldökosysteme (Dr. Marco Natkhin)	
Letzte Aktualisierung:	23.05.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	29.05.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung der Abstimmungsergebnisse mit TI / Dr. Marco Natkhin
	13.03.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Grafik
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	ab sofort	Perspektivisch ist zu prüfen, inwieweit der Datensatz um weitere Messstellen erweitert werden kann.

I Beschreibung

Interne Nr. **BO-I-2**	**Titel:** **Bodenwasser in Waldböden**
	Fallstudie für LEVEL-II-Messstellen in Bayern
Einheit: Teil A: Anzahl	**Kurzbeschreibung des Indikators:** Teil A: Durchschnittliche Anzahl von Tagen (im Jahr), an denen der Wassergehalt von 40 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) im Waldboden (bis 80 cm Bodentiefe) unterschritten wird und damit eine mittlere bis hohe Trockenstressgefahr besteht
Teil B: Anzahl	Teil B: Durchschnittliche Anzahl von Tagen (im Jahr), an denen der Wassergehalt von 20 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) im Waldboden (bis 80 cm Bodentiefe) unterschritten wird und damit eine sehr hohe oder extreme Trockenstressgefahr besteht
	Berechnungsvorschrift: Schritt 1: Messstellenauswahl Auswahl der Dauerbeobachtungsflächen, an denen annähernd durchgängig im Jahresturnus Daten zum volumetrischen Wassergehalt (bis 80 cm Bodentiefe = M08) erhoben werden. Diese Fallstudie verwendet Daten der Messstellen 906, 908, 911, 913, 919 (alle in Bayern gelegen), da diese derzeit die längsten und lückenlosesten Zeitreihen an Tageswerten liefern. Schritt 2: Umrechnung in Wassergehalt in % nutzbare Feldkapazität Um die Wassergehalte auf die nutzbare Feldkapazität zu skalieren, wurden als Datengrundlage Feldkapazitäten und Permanente Welkepunkte aus Fleck et al. 2016 genutzt. Schritt 3: Lückenfüllung Für die Tageswerte von M08 wird durch das TI eine Lückenfüllung mit Daten benachbarter Stationen durchgeführt (Lineare Regression), sodass die Stationen 906-919 gleich viele Daten für die betrachteten Jahre haben.

	Schritt 4: Jahreswerte Aus den Zeitreihen in Tagesschritten wird die Anzahl der Tage mit Unterschreitung der kritischen Grenzwerte zu Jahreswerten zusammengefasst. Schritt 5: Mittelung Teil A: Die Anzahl der Tage mit <40 % nFK pro Jahr wird über die 5 Messstellen hinweg gemittelt. Teil B: Die Anzahl der Tage mit <20 % nFK pro Jahr wird über die 5 Messstellen hinweg gemittelt.
Interpretation des Indikatorwerts:	Teil A: Je höher der Indikatorwert, an desto mehr Tagen besteht eine mittlere bis hohe Trockenstressgefahr. Teil B: Je höher der Indikatorwert, an desto mehr Tagen besteht eine sehr hohe oder extreme Trockenstressgefahr.

II Einordnung

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

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorensysteme:	Thüringer Klimafolgenmonitoring: Indikator I-BO-2 „Bodenwasservorrat in Waldböden“
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 im Wald werden diskutiert: • 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, können die Bodenwasservorräte aus dem Winter schnell aufgezehrt sind und die Bäume in Wasserstress geraten. • Veränderung von Infiltration und Abflussverhalten: Die jahreszeitlichen Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse können eine Abnahme der Sickerwassermengen im Sommer und eine Zunahme im Winter bedeuten. Die Folge wären Veränderung bei der stofflichen Umsetzung und der Stoffverlagerung im Boden. Außerdem kann durch den Anstieg der Winterniederschläge die Gefahr einer Bodenverdichtung zunehmen, vor allem wenn gleichzeitig der Bodenfrost abnimmt. Daraus können Einschränkungen der Befahrbarkeit der Böden bei der Holzernte resultieren (Collin 2014). • Wenn Niederschläge vermehrt als Starkregen fallen, kann dies je nach Baumbestockung unterschiedliche Konsequenzen haben. Es kann auch im Wald zu unerwünschtem Oberflächenabfluss kommen. Starkniederschlag kann aber gleichzeitig auch dazu führen, dass vor allem in Kiefernwälder, die i.d.R. hohe Interzeptionsverluste erzeugen, mehr Niederschlag den Boden erreicht und zur Versickerung gelangt.

	• Trockene Böden und trockene Vegetation erhöhen zudem das Waldbrandrisiko. Ist viel trockene Streu vorhanden, kann selbst bei mittlerer Waldbrandgefahr ein einzelner Funke ausreichen, um einen Brand auszulösen. Der Indikator fokussiert auf den durch Wassermangel hervorgerufenen Trockenstress von Waldbäumen. Er hat Folgen für das Baumwachstum und die Entwicklung der gesamten Waldvegetation. Bei Trockenheit wird zunächst die Assimilation eingeschränkt. Bleibt es länger trocken, treten je nach Baumart unterschiedliche akute Stressreaktionen auf. So können Blätter (Aspe) oder ganze Zweige (Eiche) grün abgeworfen werden, oder es kommt zu einer verfrühten herbstlichen Laubfärbung und Laubfall (Birke, Linde). Dabei handelt es sich um Anpassungsreaktionen der Baumarten, um den Wasserverlust zu begrenzen. Als Folgeerscheinungen der verminderten Stoffproduktion werden der Zuwachs und die Fruchtbildung vermindert und können Wipfel oder ganze Bäume absterben. Im Zuge abnehmender Vitalität unterliegen Bäume und Bestand erhöhtem Risiko von Insektenbefall (verminderte Abwehrreaktionen z. B. durch verminderten Harzfluss) und Frostschäden (Ringporer, geringer Spätholzanteil). Klimatische Extreme fördern die Vermehrung und Aggressivität von Schadinsekten und Pilzen in den geschwächten Beständen. Verjüngungen, also Bäume die sich erst am Standort etablieren müssen, sind dabei stärker und früher von Welkeerscheinungen betroffen als ältere Bestände und großkronige Bäume mit tiefreichendem Wurzelwerk. Das Ausmaß von Trockenstress lässt sich anhand des Wassergehaltes in Prozent nFK (nutzbaren Feldkapazität) abbilden. Dieser Wassergehalt ist im Wald wie folgt zu bewerten: • > 40 % nFK: kein/geringe Trockenstressgefahr • 30 bis 40 % nFK: mittlere Trockenstressgefahr • 20 bis 30 % nFK: hohe Trockenstressgefahr • < 20 % nFK: sehr hohe / extreme Trockenstressgefahr Bei einem Wasservorrat von unter 40% nFk kann man annehmen, dass die Photosynthese eingeschränkt wird, also der Baum nicht mehr so gut wachsen kann. Bei unter 20 % kann es zu Schädigungen kommen. Der Indikator differenziert in die beiden Kategorien <40 % nFK und <20 % nFK und stellt die Kategorie <20 % nFK als Teilmenge der Kategorie <40 % nFK dar. Der Indikator nutzt gemessenen Daten der Dauerbeobachtungsflächen des Forstlichen Umweltmonitorings im länderübergreifenden LEVEL-II-Netz. Im Thünen-Institut für Waldökosysteme werden die Daten der Länder zusammengeführt. Die Fallstudie bezieht sich auf die bayerischen Waldklimastationen, da hier die Datenverfügbarkeit am günstigsten war.
Einschränkungen:	Zur Vervollständigung der Zeitreihen wurden auf Tagesbasis Fehlwertergänzungen mit Daten benachbarter Stationen durchgeführt. Diese Lückenfüllung ist nur bei einer Mittelung über die Stationen hinweg möglich.
Erläuterungen zur Fallstudie:	Über alle dem TI Waldökosysteme zur Verfügung stehenden Daten der LEVEL-II-Messstellen hinweg wurde geprüft, welche Stationen über möglichst viele Jahre hinweg Daten liefern. Die bayerischen Stationen erfüllten die Bedingungen am besten und werden daher für diese Fallstudie herangezogen. <u>Perspektiven für eine bundesweite Darstellung des Indikators:</u> Mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen sollen die Wassergehalte an allen LEVEL-II-Messstellen modelliert werden und so homogene lückenlose Zeitreihen erstellt werden. Damit wird perspektivisch die Datengrundlage verbessert, und es werden über Bayern hinaus Auswertungen möglich sein.
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) […]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:	Thünen-Institut für Waldökosysteme: Messungen der Bodenwassergehalte auf LEVEL-II-Dauerbeobachtungsflächen der Länder (hier Bayern)	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 1
Geographische Abdeckung:	Bayern, anhand von fünf Waldklimastationen	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 2000	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BO-I-2_Daten_Bodenwasser_Wald_neu.xlsx	

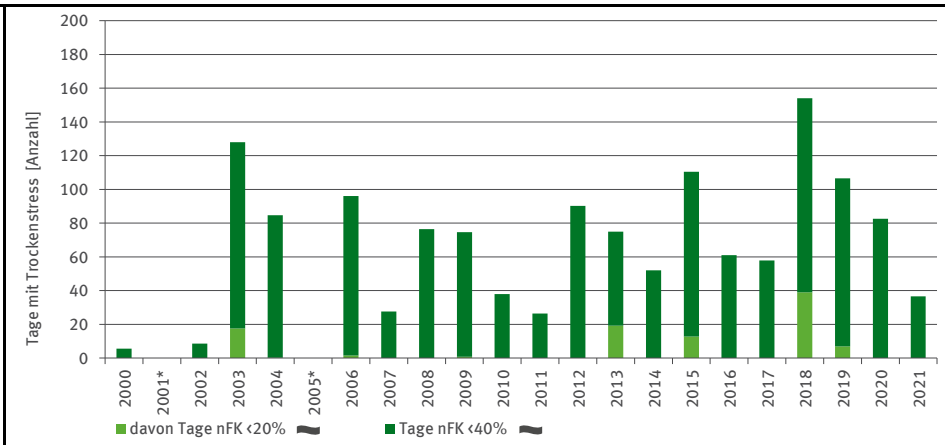
V Zusatz-Informationen

Glossar:	**Bodenwassergehalt:** Der Bodenwassergehalt ist der volumetrische Anteil des Wassers am Gesamtvolumen des Bodens. **Nutzbare Feldkapazität (nFK):** Die nFK kennzeichnet die Menge des im Boden vorhandenen Wassers, das den Pflanzen und Bodenlebewesen zur Verfügung steht (nFK = FK-WP).
Weiterführende Informationen:	Collin S. 2014: Trockenheit im Wald. www.waldwissen.net. www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/trockenheit/trockenheit-im-wald Fleck S., Cools N., De Vos B., Meesenburg H., Fischer R. 2016: The Level II aggregated forest soil condition database links soil physicochemical and hydraulic properties with long-term observations of forest condition in Europe. Annals of Forest Science (2016) 73: 945–957. doi: 10.1007/s13595-016-0571-4 Roloff A. (Hg.) 2021: Trockenstress bei Bäumen. Ursachen, Strategien, Praxis. Wiebelsheim, 288 S.

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbeschaffung:	**1**	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverarbeitung:	**2**	Daten müssen weiter verarbeitet werden.

	Erläuterung: Das TI Waldökosysteme liefert die Unterschreitungstage für die einzelnen Jahre und die einzelnen Messstellen und nimmt die Fehlwertergänzungen vor.
Datenkosten:	keine
Zuständigkeit:	TI Waldökosysteme
	Erläuterung: keine

VII Darstellungsvorschlag

Indikator: