

Indikator-Factsheet: Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden

Verfasser:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	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)	
Letzte Aktualisierung:	02.05.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	10.12.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	27.10.2017	Cathleen Frühauf ZAMF
Nächste Fortschreibung:	Im Rahmen des nationalen Bodenatlas, der aktuell bei der BGR in Bearbeitung ist, sowie in Verbindung mit den Arbeiten im Netzwerk Vulnerabilität kommt es in Abstimmung mit dem DWD zu einer Aktualisierung von bodenkundlichen Berechnungsmethoden mit Flächenbezug, u. a. zum Bodenwasserhaushalt. Diese Weiterentwicklungen sollten bei Überlegungen zur methodischen Fortschreibung des Indikators berücksichtigt werden.	

I Beschreibung

Interne Nr. BO-I-1	Titel: Bodenwasservorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden
Einheit: <u>Teil A:</u> % <u>Teil B:</u> % <u>Zusatz:</u> %	<p>Kurzbeschreibung des Indikators:</p> <p><u>Teil A:</u> Langjähriges Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Wintergetreide auf leichten Böden in den Monaten Mai und Juli</p> <p><u>Teil B:</u> Langjähriges Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Zuckerrübe auf schweren Böden in den Monaten Juli und September</p> <p><u>Zusatz:</u> Flächenmittel des Versorgungsgrades des Bodens mit Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Wintergetreide auf leichten Böden in den Monaten Mai und Juli und für Zuckerrübe auf schweren Böden in den Monaten Juli und September differenziert in die Regionen Süd, Ost, Mitte und Nord</p> <p>Berechnungsvorschrift:</p> <p><u>Teile A und B:</u> Daten können unmittelbar aus dem Deutschen Klimaatlas übernommen werden. Verwendet 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-Atmosphäre-Transfer) AMBAV. Das Modell AMBAV benutzt die klassische Penman-Monteith-Beziehung und wird routinemäßig in der agrarmeteorologischen Beratung eingesetzt (z. B. Berechnungsberatung). Die Eichung des Modells erfolgt mit Lysimetermessungen und Boden-</p>

	<p>feuchtemessungen der ZAMF und Messungen der Bodenfeuchte an den agrarmeteorologischen Außenstellen des DWD.</p> <p><u>Zusatz:</u> Daten werden vom DWD als differenzierter Auszug aus dem Klimaatlas zur Verfügung gestellt. Es werden die jährlichen Monatsmittelwerte aus allen den Regionen zugeordneten Stationen gebildet. Für die Regionen wurden folgende Bundesländer zusammengefasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 Wasserstress gerechnet werden.

II Einordnung

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

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorensysteme:	keine
Begründung:	<p>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):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 Trockenstresssituation 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.

	<p>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 Starkregeneignisse 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.</p> <ul style="list-style-type: none">• 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. <p>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 der Anwuchsphase 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 Endstadium 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.</p> <p>Der Indikator bildet anhand zweier wirtschaftlich bedeutsamer landwirtschaftlicher Kulturpflanzenarten(-gruppen), dem Wintergetreide und der Zuckerrübe (Letztere stellvertretend für die Hackfrüchte) und von zwei unterschiedlichen Bodenverhältnissen unterschiedliche Anbauverhältnisse ab. Der jahreszeitliche Wasserbedarf vom Wintergetreide erstreckt sich vom Winter bis in den frühen Sommer, der Hautwasserbedarf der Zuckerrübe liegt dagegen in den Sommermonaten. Die der Modellierung zugrunde liegenden Bodenverhältnisse (leichte und schwere Böden) bilden das Spektrum der in Deutschland bewirtschafteten Böden ab. Die Kombination Wintergetreide auf leichten Böden sowie Zuckerrübe auf schweren Böden ermöglicht, u. a. die erste Dürreperiode im Frühjahr gut abzubilden.</p> <p>Abgebildet wird der Sättigungsgrade des Bodenwassers als Prozentanteil der nutzbaren Feldkapazität bis in eine Bodentiefe von 60 cm. Unterhalb eines Wertes von 50 % nFK muss bei den Pflanzen grundsätzlich mit Wasserstress gerechnet werden. Werte über 100 % nFK bedeuten, dass die Böden mit Wasser gesättigt 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 in Wasserstress geraten.</p> <p>Mit den beiden für die Indikator Darstellung gewählten Monaten Mai und Juli für</p>
--	---

	<p>das Wintergetreide sowie Juli und September für die Zuckerrübe wird jeweils ein mittleres Entwicklungsstadium und eine Endstadium der Pflanzenentwicklung abgebildet.</p> <p>Die für den Indikator genutzten Daten des Deutschen Klimaatlas werden regelmäßig und hochfrequent fortgeschrieben und die genutzten Modelle sind qualitativ gesichert. 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 im Klimaatlas entnehmen.</p>
Schwächen:	<p>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.</p> <p>Die Berechnung der Indikatorteile 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).</p> <p>Der Indikator stellt eine starke Vereinfachung der räumlich hoch differenzierten Verhältnisse von Böden und Witterung 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 Indikatordarstellung zu differenziert wäre. Alternativ können für diese Interpretationen allerdings die räumlich differenzierten Kartendarstellungen aus dem Deutschen Klimaatlas herangezogen werden.</p> <p>Die Änderung der Bodenfeuchte ist neben der Klimaabhängigkeit sehr stark boden- und nutzungsabhängig (Holsten et al. 2009). Die aus Klimaparametern abgeleiteten Werte können daher von den realen Verhältnissen vor Ort abweichen.</p> <p>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.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	<p>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.</p> <p>Kap. 3.2.4: Klimatisch bedingte Änderungen im System Boden haben direkte Auswirkungen auf natürliche Produktionssysteme, den Wasserkreislauf (in qualitativer und quantitativer Hinsicht) sowie [...].</p>
Ziele:	DAS, Kap. 3.2.4: Schutz der Bodenfunktionen
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Daten des Deutschen Klimaatlas – Landwirtschaft	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	<p>Teile A und B: ganz Deutschland, basierend auf einem meteorologischen Messnetz und der Berechnung für 150 Standorte; die Auswahl einzelner Bundesländer ist möglich</p> <p>Zusatz: vier Regionen: Region Süd: Baden-Württemberg, Bayern Region Ost: Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen Region Mitte: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland Region Nord: Mecklenburg-Vorpommer, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein</p> <p>Die für die Regionen differenzierten Datensätze lassen sich nicht zum deutschlandweiten Mittelwert verrechnen, da die einzelnen Stationen für die deutschlandweite Mittelung gewichtet eingehen.</p>	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1970	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BO-I-1_Daten_Bodenwasservorrat.xlsx	

V Zusatz-Informationen

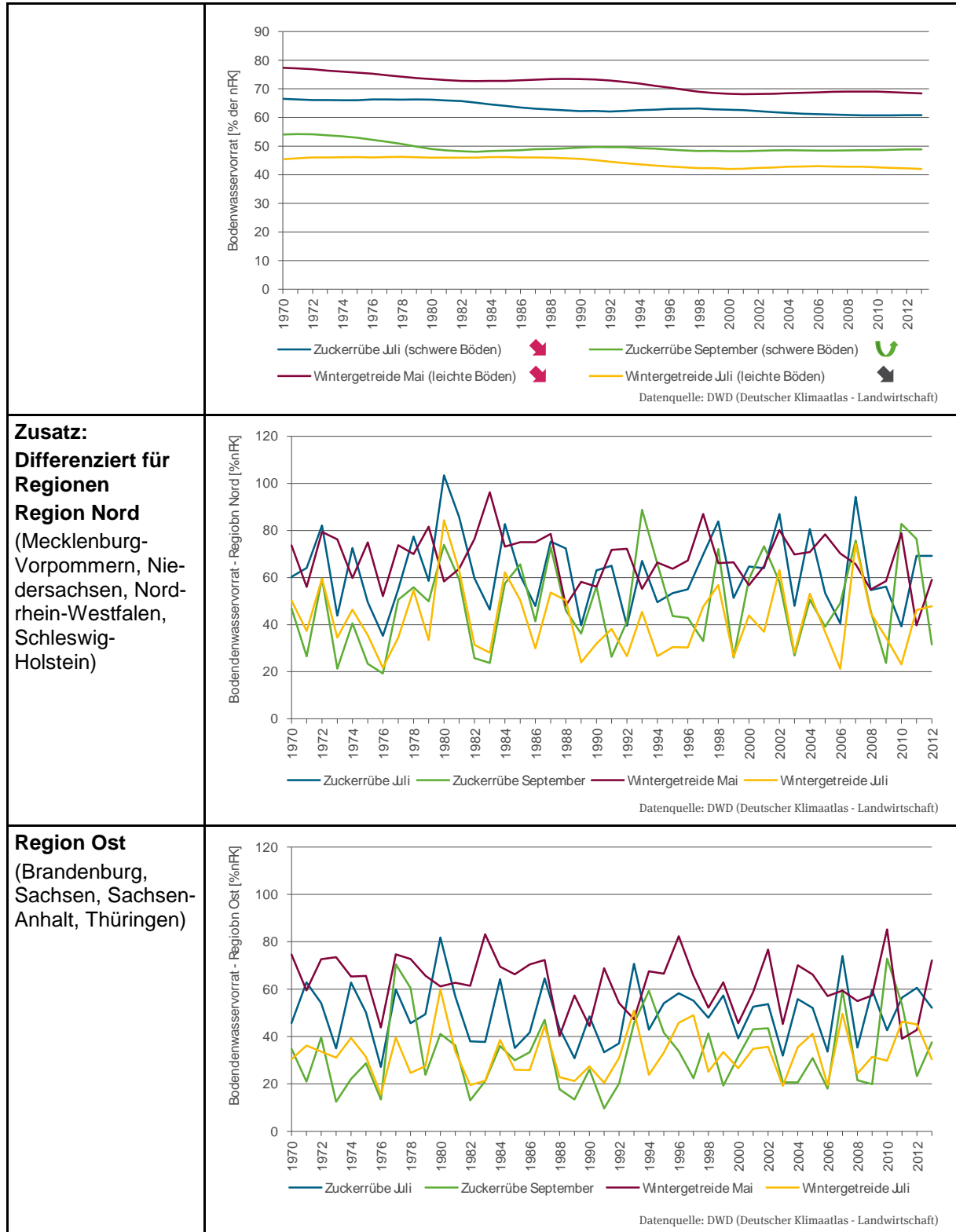
Glossar:	<p>Bodenfeuchte: Die Bodenfeuchte ist der Anteil des Wassers der gegen Schwerkraft in der Matrix gehalten wird (Scheffer & Schachtschabel 2002). Die wichtigsten Kenngrößen, welche die Bodenfeuchte beschreiben sind die Feldkapazität (FK), die nutzbare Feldkapazität (nFK) und der permanente Welkepunkt (PWP) (Bohne 2005).</p> <p>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.</p> <p>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 Wasserstress gerechnet werden. Werte über 100 % nFK bedeuten, dass die Böden gesättigt sind.</p>
Weiterführende Informationen:	<p>Deutscher Klimaatlas: www.deutscher-klimaatlas.de oder www.dwd.de -> Zum Deutschen Klimaatlas -> Start Deutscher Klimaatlas -> Sektor: Landwirtschaft -> Bodenfeuchte</p> <p>Böttcher F. 2007: Klimawandel – Grundlagen und mögliche Auswirkungen für die Landwirtschaft. Vortrag auf der Landwirtschaftlichen Fachtagung der Initiative Weißeritz-Regio am 06.12.2007 in Röhrsdorf. www.tu-dresden.de/ioer/statisch/weisseritz/pdf/lw_fachtagung07/Boettcher_Klimawandel.pdf</p> <p>Internetinformationen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländli-</p>

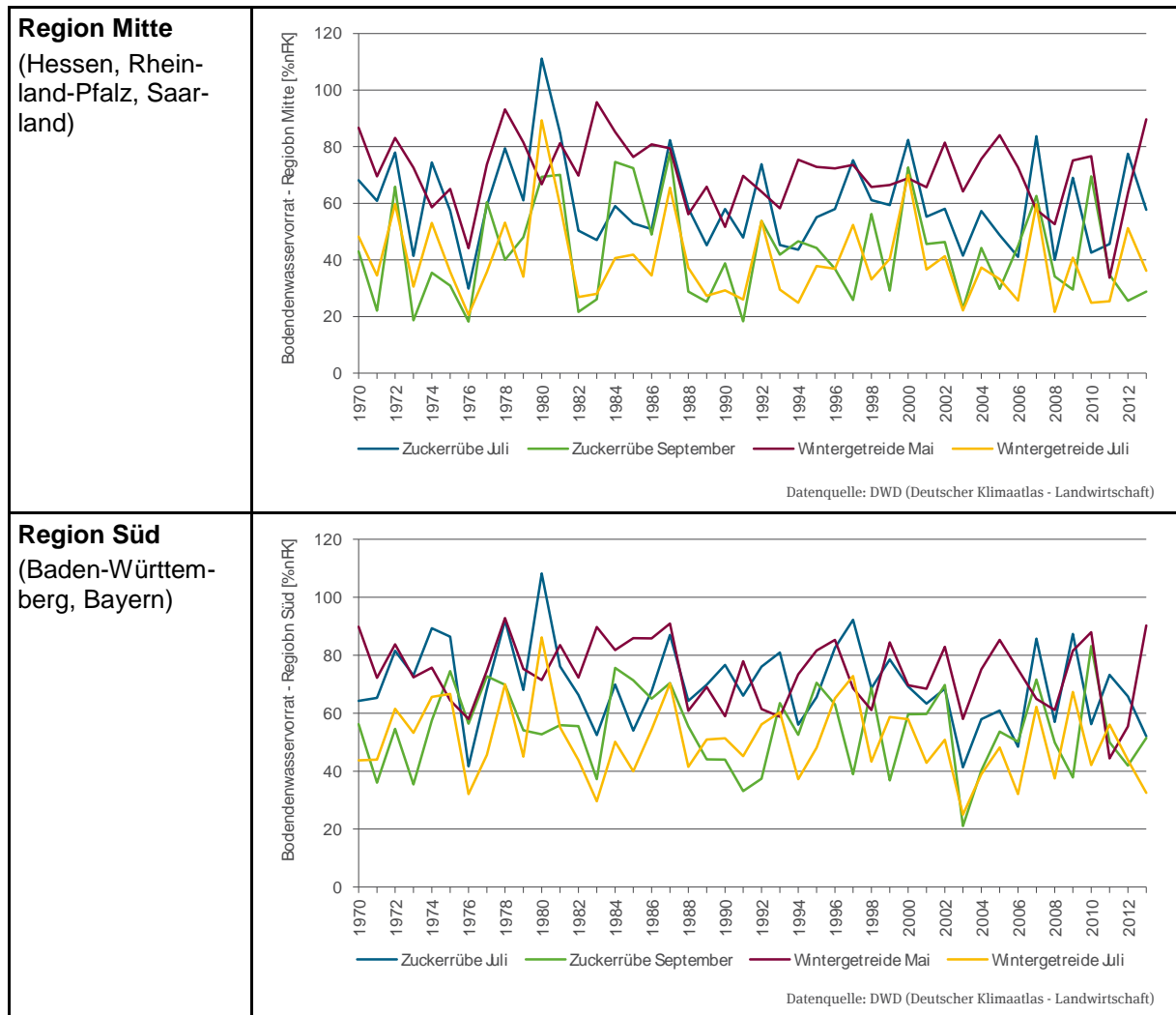
	<p>che Räume Schleswig-Holstein „Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden“: www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/035_Boden_Klimawandel/02_Auswirkungen_Boden/01_Auswirkungen_Bodenwasser_Stoffhaushalt/ein_node.html</p> <p>Schönwiese C.D. 1985: Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Berlin / Stuttgart: 190 ff.</p> <p>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.</p>
--	---

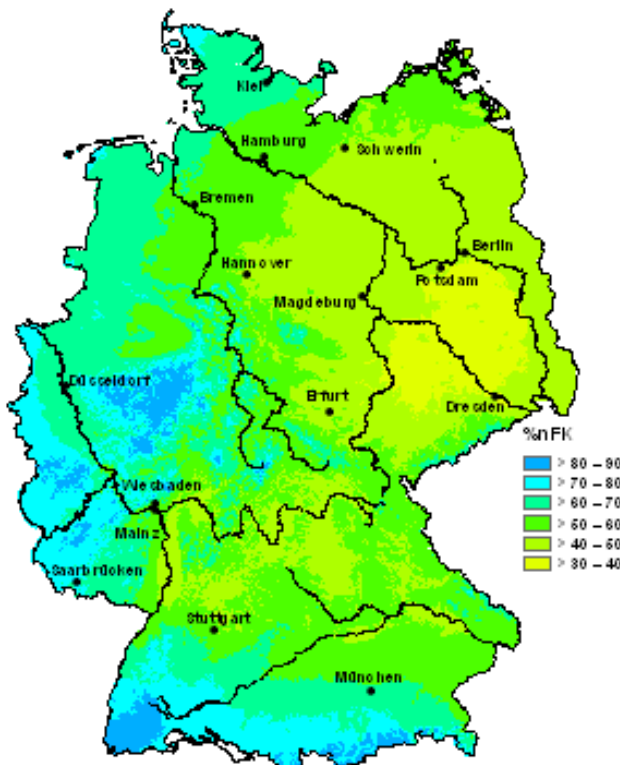
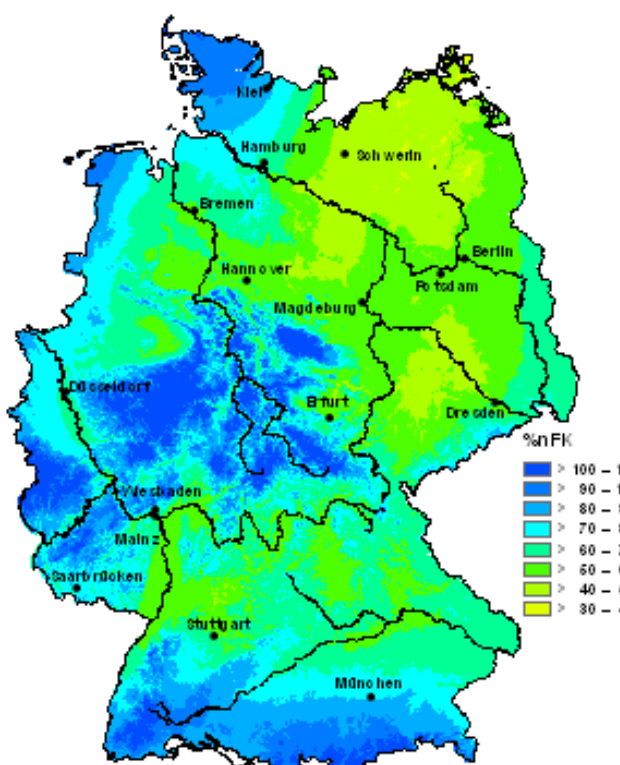
VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Daten-verarbeitung:	2	Daten zu den Teilen A und B werden direkt aus dem Klimaatlas 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> Die Daten für die beiden Indikatorzusätze (Regionalisierung) werden vereinfacht nur als Jahresmittelwerte und nicht als 31-jährige Mittelwerte dargestellt. Letzteres würde den dreifachen Aufwand für die Bereitstellung der Daten durch das ZAMF erfordern. Aufgrund der genannten Einschränkungen der Interpretierbarkeit der Daten sollten methodische Weiterentwicklungen geprüft werden. Hierfür könnte auf die mit den Bundesländern abgestimmten bundesweiten bodenkundlichen Bodendatenbestände und Anwendungsmethoden bei BGR zurückgegriffen werden (nutzungsdifferenzierte Flächendatenbanken und Methoden), die aktuell lediglich mit Jahresmittelwerten der Erfassungsperiode 1960-1990 vorliegen. Bodenkundlich erweiterte Parameter und Indikatoren könnten mit den hochaufgelösten Messdaten und agrarmeteorologischen Methoden des DWD gekoppelt werden. Zeitreihenberechnungen wären möglich. Diesbezügliche Überlegungen werden bereits im Rahmen des Vulnerabilitätsnetzwerks angestellt und werden zeitnah zu Ergebnissen führen.			

VII Darstellungsvorschlag





<p>Ergänzung: (Kartendarstellungen)</p>	<p>Beispielhafter Auszug aus dem Klimaatlas:</p> <p>Bodenfeuchte (Wintergetreide, leichter Boden) im Mai 2012</p>  <p>Bodenfeuchte (Zuckerrüben, schwerer Boden) im Juli 2012</p> 
---	---