

Indikator-Factsheet: Humusgehalte von Ackerböden

Verfasser:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet II 2.7 Bodenzustand, Bodenmonitoring (Dr. Frank Glante, Marc Marx, Jeannette Mathews) Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (Dr. Robert Beck)	
Letzte Aktualisierung:	30.04.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	05.09.2018	Marc Marx, Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet II 2.7
Nächste Fortschreibung:	2020	nach Vorlage methodischer Arbeiten zur Humusproblematik

I Beschreibung

Interne Nr. BO-R-1	Titel: Humusgehalte von Ackerböden
	Fallstudie für Bayern
Einheit: <u>Teil A:</u> % <u>Teil B:</u> %	Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Humusgehalt (organischer Kohlenstoff C _{org}) im Oberboden von ackerbaulich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern (BDF) <u>Teil B:</u> Gehalt von Gesamtstickstoff (N _t) im Oberboden von ackerbaulich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern
	Berechnungsvorschrift: <u>Teil A:</u> Mittlerer C _{org} -Gehalt = Summe der C _{org} -Gehalte (Masseprozent) aller betrachteten Acker-BDF in Bayern / Anzahl aller betrachteten Acker-BDF in Bayern <u>Teil B:</u> Mittlerer N _t -Gehalt = Summe der N _t -Gehalte (Masseprozent) aller betrachteten Acker-BDF in Bayern/ Anzahl aller betrachteten Acker-BDF in Bayern
Interpretation des Indikatorwerts:	<u>Teil A:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher der Gehalt an organischem Kohlenstoff C _{org} <u>Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher der Gehalt an Gesamtstickstoff N _t .

II Einordnung

Handlungsfeld:	Boden
Themenfeld:	Anpassung der Landnutzung, des Flächenmanagements
Thematischer Teilaspekt:	Managementmaßnahmen zur Verminderung der Vulnerabilität
DPSIR:	Response

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatoren-systeme:	keine
Begründung:	<p>Zwischen Klimaveränderungen und dem Gehalt an Humus bzw. seinem wichtigsten Bestandteil, dem organischen Kohlenstoff (C_{org}), gibt es vielfältige Wechselwirkungen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Klima und Witterung haben Einfluss auf Humusbildung und -abbau im Boden. 2. Humus bzw. der organische Kohlenstoff im Boden ist ein wichtiger Bestandteil des globalen Kohlenstoffkreislaufs; Aufbau- und Abbauprozesse von Humus bzw. organischem Kohlenstoff entscheiden, ob Böden Senken oder Quellen von CO_2 sind. 3. Humus spielt eine herausragende Rolle für die Bodenqualität. Humusreiche Böden sind i.d.R. ertragsreicher und können mehr Wasser aufnehmen und halten. Man kann daher davon ausgehen, dass die Sicherung einer standortabhängigen („optimalen“) Humusgehaltsspanne ein wesentlicher Baustein zur Anpassung der Böden an die Folgen des Klimawandels ist. <p>Der DAS-Response-Indikator fokussiert auf den oben beschriebenen dritten Sachverhalt. Dennoch werden im Folgenden zur richtigen Einordnung des Indikators auch die beiden erstgenannten Wechselwirkungen erläutert.</p> <p><u>Zu 1: Einfluss von Klima und Witterung auf den Humushaushalt</u></p> <p>Das Klima bzw. die Witterung spielt eine wichtige Rolle bei Auf- und Abbauprozessen von Humus. Erhöhte Jahresmitteltemperaturen bewirken in der Regel eine Erhöhung der mikrobiellen Aktivität im Boden. Zudem setzt die Aktivität der Bodenmikroorganismen mit der Temperaturerhöhung im Jahresverlauf früher ein. Eine verstärkte mikrobielle Aktivität verursacht eine Erhöhung der Mineralisation und führt zum verstärkten Abbau der organischen Bodensubstanz. Der Umfang des damit verbundenen Humusschwunds ist stark abhängig von Temperatur und Feuchtegehalt des Bodens. Außerdem können den Böden durch das prognostizierte steigende Erosionsrisiko über den Abtrag des oberflächennahen Materials relevante Mengen nicht nur an Phosphor und Stickstoff, sondern auch an Humus verloren gehen (Kaufmann-Boll et al. 2011, LABO 2010). Zugleich wird diskutiert, dass die Pflanzenproduktion bei klimatisch bedingt günstigeren Standorteigenschaften ansteigen kann und damit dem Boden auch verstärkt organisches Material zugeführt wird (Kaufmann-Boll et al. 2011). Das heißt, der Humusaufbau kann infolge der höheren Temperaturen auch gefördert werden. Es vollziehen sich also gegenläufige Prozesse, deren Ergebnis sich noch nicht klar voraussehen lässt. Auch ClimSoil (Schils et al. 2008) berichtet nicht über einen eindeutigen und klar gerichteten Effekt des Klimawandels auf den organischen Kohlenstoffvorrat von mineralischen Böden (teilweise sich überlagernde Einflüsse von Temperaturanstieg, erhöhten CO_2-Konzentrationen, veränderten Niederschlags- und Grundwasserverhältnissen). Hinzu kommt, dass humusdynamische Prozesse in ackerbaulichen Ökosystemen grundsätzlich sehr langsam und langfristig ablaufen. Auch aus diesem Grunde sind entsprechende Projektionen nur in begrenztem Umfang möglich (Wessolek et al. 2008).</p> <p>Die größten Veränderungen des Humusstatus als Folge von Klimaveränderungen werden jedoch durch sich ändernde Nutzungen, also auf indirektem Weg induziert (Wessolek & Asseng 2006). Dabei sind wesentlich die Nutzungsform (z. B. Grünland oder Acker) und die Nutzungspraktiken (z. B. Fruchtfolgen, Düngepraxis und Umgang mit Ernte- und Wurzelrückständen und Zwischenfrüchten) angesprochen (LABO 2010). Allerdings ist auch hier zu betonen, dass Nutzungsänderungen nur begrenzten Einfluss auf die C-Pools in den Böden</p>

	<p>nehmen. So ist bisher der inerte Humus wenig bis gar nicht durch unterschiedliches Nutzungsmanagement beeinflusst (Hüttl et al. 2008).</p> <p><u>Zu 2: Humus als Bestandteil des globalen Kohlenstoffkreislaufs</u></p> <p>Im Boden sind etwa 80 % der aktiv am Kohlenstoffkreislauf teilnehmenden terrestrischen organischen Kohlenstoffvorräte gebunden. Somit sind in den Böden der Erde gegenwärtig insgesamt ca. 70 Mrd. t Kohlenstoff gespeichert (Blume et al. 2002 und EU 2008 zit. in: Kaufmann-Boll 2011: 139). Aufgrund dieser immensen Kohlenstoffvorräte in Böden sowie des Ausmaßes der CO₂-Flüsse zwischen Boden und Atmosphäre können bereits geringfügige Änderungen im C_{org}-Gehalt der Böden erhebliche Auswirkungen auf das Klima und die Bodenqualität haben (Schils et al. 2008, LABO 2010). Insbesondere für organische Böden und hier insbesondere die Moore, die große Senken von Kohlenstoff sind, besteht die Gefahr, dass sie sich infolge von Veränderungen von Management oder Bewirtschaftung (z. B. Moorkultivierung, Grünlandumbruch oder Drainierung) oder durch klimatische Veränderungen (Austrocknung oder Auftauen) zu Quellen von CO₂-Emissionen entwickeln.</p> <p><u>Zu 3: Sicherung eines optimalen Humusgehalts als Beitrag zur Anpassung der Böden an die Folgen des Klimawandels</u></p> <p>Humus hat immense Bedeutung für die Verbesserung nahezu aller Bodeneigenschaften. Eine ausreichende Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden dient der nachhaltigen Sicherung ihrer Produktivität. Humus beeinflusst die physikalischen, chemischen und biologischen Bodenfunktionen. Hierzu zählen (Körschens et al. 2004):</p> <ul style="list-style-type: none">• die Speicherung von Nährstoffen und Wasser,• das Filter- und Puffervermögen,• die biologische Aktivität,• das Bodengefüge (Förderung der Aggregatstabilität, positive Beeinflussung des Luft- und Wasserhaushalts, Schutz vor Schadverdichtung und Erosion). <p>Vor allem auf tonarmen Sandböden sind die gefügestabilisierenden Funktionen des Humus von extremer Bedeutung für die Fruchtbarkeit. Auf sandigen Standorten trägt der Humus ganz wesentlich zum Nähr- und Schadstoffbindungsvermögen der Böden bei und verbessert deren Wasserspeicherkapazität (Wessolek et al. 2008). Allerdings können auch zu hohe Humusgehalte nachteilige Auswirkungen haben. In Folge des hohen Mineralisierungspotenzials kann es zu Schadstoff-Austrägen in die Hydro- und Atmosphäre kommen. Anzustreben ist daher eine „optimale Humusversorgung“, die zwischen den Eckpunkten einer Über- und Unterversorgung liegt, aber standortabhängig unterschiedlich zu definieren ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine optimale Humusversorgung erheblich dazu beitragen kann, die Böden auf die zu erwartenden Klimaveränderungen und deren Folgen wie u.a. vermehrte sommerliche Austrocknung oder auch erhöhtes Erosionsrisiko vorzubereiten (LABO 2010).</p> <p>Eine systematische, quantitative Analyse der Zusammenhänge zwischen Humusgehalt und Bodenfunktionen liegt bisher allerdings nur für Teilfunktionen wie die Wasserspeicherung und die Kationenaustauschkapazität, jedoch noch keineswegs für alle relevanten Bodenfunktionen vor. Dies liegt auch darin begründet, dass die Zusammenhänge zwischen Bodenfunktionen und der organischen Substanz i.d.R. (mit Ausnahme der o.g. Teilfunktionen) weniger auf den Gesamtgehalten basieren als auf einzelnen Fraktionen. So dient z. B. insbesondere die leicht abbaubare organische Substanz als Lebensgrundlage für Bodenorganismen und daran geknüpfte Prozesse (Aggregation, Abbau organischer Schadstoffe, Nährstofffreisetzung). Stark umgewandelte organische Substanz ist besonders wichtig für die Sorption von Kationen und organischen Schadstoffen. Diese Komplexität der Zusammenhänge ist der Grund dafür, dass es bis heute noch keine belastbaren, an Bodenfunktionen und Standorttypen orientierten Angaben zu Optimalgehalten organischer Substanz in Böden gibt (Wessolek et al. 2008).</p>
--	---

	<p>Der DAS-Response-Indikator „Humusgehalte von Ackerböden“ beruht auf der Hypothese, dass landwirtschaftlich genutzte Böden mit „optimalen“ Humusgehalten aus derzeitiger Sicht besser auf die steigenden Risiken u. a. von Starkregen und Austrocknung etc. vorbereitet sind als solche mit standortgemäß zu niedrigen oder zu hohen Gehalten. Das Ziel einer Stabilisierung der Böden durch optimale Humusgehalte deckt sich auch mit gleichlautenden Zielformulierungen u.a. im BBodSchG.</p> <p>Die Entwicklung der Humusgehalte lässt sich wenn auch nicht komplett, so doch in Teilen (d. h. im Hinblick auf bestimmte Humusfraktionen) durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung beeinflussen. Ergebnisse aus Bayern zeigen, dass Acker-BDF mit höherem Mais- und Hackfruchtanteil und einem niedrigeren Getreide-, Raps- und Futterleguminosen-Anteil in der Fruchtfolge diejenigen BDF sind, auf denen die Humusgehalte seit Ende der 1980er Jahre signifikant zurückgegangen sind. Dies konnte im bundesweiten Trend nicht ausreichend bestätigt werden (Marx et al., 2016). Relevant ist außerdem die Düng Praxis: Die abnehmende Bedeutung des Stallmistes zugunsten der Güllewirtschaft und das Abfahren von Stroh führen dazu, dass dem Boden weniger organischer Kohlenstoff zugeführt wird. Auch der Umfang des Zwischenfruchtbaus zur Gründüngung spielt eine wichtige Rolle für die Humuserhaltung (Capriel & Seiffert 2009).</p>
<p>Schwächen:</p>	<p>Die Erhebungen zum C_{org}-Gehalt sind mit großen methodischen Unsicherheiten behaftet. Sie erfolgen auf den BDF der Länder noch immer heterogen. Grundsätzlich sind die Messergebnisse stark von der Probenahme abhängig. Die zwischen den Erhebungen ermittelten Änderungen bewegen sich teilweise im Bereich von Messungenauigkeiten. Ferner bestünde dringender Bedarf, unterschiedlich stabile C-Fraktionen regelhaft in die Monitoringprogramme zu integrieren. Für die Interpretation fehlen teilweise Angaben zum Bodenmanagement und zu den eingesetzten Düngern und Düngemengen (Bewirtschaftungsdaten).</p> <p>Derzeit gibt es nur für wenige Regionen standortdifferenzierte Richtwerte für optimale bzw. anzustrebende Humusgehalte (s. für Bayern Capriel 2010). Damit ist eine Bewertung von Daten zu Humusgehalten derzeit nicht eindeutig möglich, zumal eine vereinfachte „umso mehr, desto besser“-Interpretation aufgrund des steigenden Risikos von Stickstoffverlusten bei zu hohen Humusgehalten ebenfalls nicht zulässig ist. Wegen der komplexen Interaktionen zwischen Boden, Klima und Bewirtschaftung/Fruchtfolge wird es aber sicher noch Jahre dauern, bis die Wissenschaft verlässliche Richtwerte aufstellen kann. Einheitliche Schwellenwerte über klimatische Regionen hinweg erscheinen nicht angemessen.</p> <p>Die Gehalte an organischer Substanz in Böden werden im Wesentlichen von den standorttypischen Gegebenheiten bestimmt und lassen sich daher nicht einfach, zumindest nicht dauerhaft durch Zugabe von organischen Materialien (wie Gülle und Stroh) erhöhen (die Vorräte sind häufig nicht stabil und werden sofort vom Edaphon mineralisiert und von den Pflanzen aufgenommen). Die Erhaltung der Humusgehalte erscheint vor dem Hintergrund des projizierten Klimawandels in bestimmten Regionen nicht oder nur mit einschneidenden und großflächigen und daher möglicherweise nur schwierig zu realisierenden Nutzungsänderungen erreichbar. Viele Trends, die sich derzeit im Zusammenhang mit der Intensivierung der Landwirtschaft vollziehen, laufen der Stabilisierung der Humusgehalte entgegen.</p> <p>Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen und dem Gehalt an Humus im Boden (s. die unter „Begründung“ dargestellten Zusammenhänge) ist bei der Erläuterung des Indikators im Indikatorenbericht große Sorgfalt geboten, um die dem Indikator zugrunde liegende Hypothese eindeutig darzustellen und von den anderen Zusammenhängen abzugrenzen.</p>

	<p>Erstrebenswert wären neben der Darstellung der C_{org}-Gehalte die der C_{org}-Vorräte bezogen auf eine festgelegte Bodentiefe, da die landwirtschaftlichen Oberböden sehr unterschiedlich mächtig sein können. Hinzu kommt, dass bei tiefen Pflugfurchen Verdünnungseffekte insbesondere bei Betrachtung längerer Zeiträume sehr wahrscheinlich sind. Derzeit ermöglichen die BDF-Daten bei einer länderübergreifenden Betrachtung keine vergleichbare Abbildung der C_{org}-Vorräte.</p> <p>In einer Studie hat sich gezeigt, dass sich die allgemeine Ackernutzung in Bayern nicht in den bayerischen BDF spiegelt: die Acker-BDF haben einen höheren Getreide-, Raps- und Klee-Anteile und einen niedrigeren Silomaisanteil als die gesamt-bayerischen Ackerflächen, und damit grundsätzlich günstigere Voraussetzungen, was die Humusversorgung angeht (Capriel & Seiffert 2010: 33). Dies muss auch bei der Diskussion hinsichtlich der Repräsentativität der bundesweiten BDF-Auswertungsergebnisse berücksichtigt werden.</p> <p>Für die Auswertung der Daten der landwirtschaftlich genutzten BDF wurden Proben mit der Oberkante 0 cm erfasst. Für die erstellten Zeitreihen zur Entwicklung des Humusgehalts mussten mindestens vier Messungen über eine Laufzeit von mindestens 15 Jahren vorliegen. Es wurden gezielt nur diejenigen BDF ausgewählt, auf denen im Beobachtungszeitraum keine Nutzungsänderungen (z. B. Umbruch von Grünland zu Ackerland) stattgefunden haben. Dennoch ist bekannt, dass auch die längerfristige Nutzungshistorie (noch vor Beginn der BDF-Datenerhebungen) Einfluss auf die Entwicklung der Humusgehalte in Böden nimmt. Vor diesem Hintergrund bleiben auch für die ausgewerteten BDF noch gewisse Unsicherheiten für die Interpretation der Daten. Da Verässhung einen großen Einfluss auf den Humusgehalt haben kann (Möller & Kennepohl 2014), wurden zudem Moor- und Anmoor-Standorte aus der Auswertung herausgenommen.</p> <p>In der bundesweiten Auswertung konnten nur auf einem Zehntel der untersuchten Flächen Änderungen (sowohl Steigerung als auch Verringerung) der Humusgehalte festgestellt werden. Der wichtigste beeinflussende Faktor war der Kohlenstoff-Ausgangsgehalt im Boden zum Beginn der mindestens 15-jährigen Beobachtungsphase, gefolgt vom Tongehalt.</p>
<p>Erläuterungen zum Indikator:</p>	<p>Daten zu Humusgehalten werden bereits in unterschiedlichen Bodenbeobachtungs-Programmen erhoben. Für bundesweite Auswertungen bieten sich am ehesten die Erhebungen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung (BDF) an, da diese methodisch weitgehend vereinheitlicht und wiederholt durchgeführt werden. Im Rahmen des BDF werden auch die Parameter C_{org} und N_t erfasst. Im UBA gibt es seit mehreren Jahren Bemühungen zur länderübergreifenden Auswertung der BDF-Daten (u.a. Spatz 2001, Huscheck et al. 2004, Schilli et al. 2011, Marx et al. 2016).</p> <p><u>Teil A: Humusgehalt</u></p> <p>Der BOVA hat im Auftrag der LABO Anforderungen an die Verbesserung der Datenerhebung zur Humusversorgung der Böden formuliert. Die Diagnose lautet, dass es an einer großflächig präzisen und hochfrequenten Erfassung der Humusgehalte, an praxistauglichen Methoden zur Übertragung von Punktdaten auf die Fläche und an einer systematischen Zusammenführung der Daten aus den unterschiedlichen (Dauer-) Beobachtungsprogrammen bislang fehlt. Ferner besteht dringender Bedarf, unterschiedlich stabile C-Fractionen regelhaft in die Monitoringprogramme zu integrieren, um u.a. saisonale Änderungen/Einflüsse (z. B. Bewirtschaftungs- und/oder Klimaänderungen) treffgenauer und möglichst zeitnah abbilden zu können (LABO 2010).</p> <p>Derzeit laufen bei Bund und Ländern Bestrebungen, die BDF-Programme insbesondere zu der als prioritär erachteten Frage der Veränderung von Humusgehalten zu optimieren (LABO 2010).</p>

	<p>Das Thema wird im Zusammenhang mit der Klimadiskussion als hochrangig erachtet und daher auch intensiv diskutiert und bearbeitet. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass die bereits erarbeiteten bundesweiten Ergebnisse zur Humusentwicklung in den nächsten Jahren durch weitere relevante Forschung ergänzt werden. Damit können die Aussagen zur Entwicklung der Humusgehalte und -qualitäten in den Böden validiert und ggf. verbessert werden.</p> <p>Auf Grundlage der „Verwaltungsvereinbarung zum Datenaustausch zwischen Bund und Ländern im Umweltbereich“ wurden in einem aus Mitteln des Umweltforschungsplans finanzierten und vom UBA beauftragten Vorhaben die Daten aus den BDF der Länder aktualisiert zusammengetragen. Ziel war es, ausgehend von einem aktuellen und harmonisierten Datensatz bundesweite Auswertungen zur Veränderung ausgewählter Beobachtungsparameter durch den Klimawandel durchzuführen. Im besonderen Fokus lag dabei der Humusgehalt. Für die wissenschaftliche Auswertung war neben der Verfügbarkeit der eigentlichen Bodenbeobachtungsdaten die mögliche Nutzung von vereinfachten und generalisierten Informationen zur Flächenbewirtschaftung erforderlich. Dazu lieferten insgesamt zehn Bundesländer Daten zum Humusgehalt, fünf Bundesländer übermittelten Bewirtschaftungsdaten zu Haupt- und Zwischenfrucht sowie organischer Düngung. Methodische Details zur Verknüpfung von Humus- und Bewirtschaftungsinformationen, zur Bildung sinnvoller Auswertungseinheiten und zur Aggregation von Daten wurden im Rahmen des Projekts pilothaft ausgearbeitet. Die Auswertungsergebnisse zu Status und Trend der Humusgehalte sind veröffentlicht (Marx et al. 2016). Diese Ergebnisse können als Grundlage für einen bundesweit darstellbaren Indikator zur Entwicklung der Humusgehalte dienen. Allerdings ist es einerseits wegen der derzeit noch kurzen Zeitreihen und andererseits wegen unzureichender Bewirtschaftungsdaten noch nicht möglich, eine bundesweite Entwicklung der Humusversorgung landwirtschaftlich genutzter Böden ausreichend abzubilden.</p> <p>Teil B: Gesamtstickstoff (N_t)</p> <p>Auf Länderebene stehen beispielsweise für Bayern mit die längsten Zeitreihen (> 20 Jahre) zur Entwicklung der Stickstoffgehalte auf landwirtschaftlich genutzten BDF zur Verfügung (erfasst wurde der Bodenhorizont zwischen 0 bis 15 cm Tiefe). Diese Daten wurden 2009 ausgewertet und publiziert (Capriel & Seiffert 2009). Sie können direkt zur Indikatorbildung für den Gesamtstickstoff im Rahmen einer Fallstudie herangezogen werden, solange noch keine länderübergreifenden, bundesweiten Auswertungen zu Stickstoff der BDF-Daten verfügbar sind.</p> <p>Die Methodik der bundesweiten Indikatorberechnung sollte sich perspektivisch auf die Veränderungen der Kohlenstoff- und Stickstoff-Vorräte in definierten Bodentiefen beziehen. Weitere methodische Untersuchungen zur Untersuchung von Humusfraktionen zur besseren Interpretation sind gestartet worden.</p> <p><u>Sonstiges:</u></p> <p>Im Rahmen der Umsetzung der Direktzahlungen-Verpflichtungen-Verordnung (DirektZahlVerpflV) müssen die Bezieher von landwirtschaftlichen Direktzahlungen nach §3 einen Nachweis zur Erhaltung der organischen Substanz und zum Schutz der Bodenstruktur zu leisten. Sie haben hierzu drei Möglichkeiten: 1. Sie halten ein bestimmtes Mindestmaß an Fruchtwechsel auf Betriebsebene ein. 2. Sie lassen den Humusgehalt ihrer Ackerflächen untersuchen. 3. Sie erstellen eine betriebliche Humusbilanz für ihre Ackerflächen. Die Nutzung der Ergebnisse aus dieser betrieblichen Humusbilanzierung wurde als Grundlage für einen möglichen Indikator diskutiert. Es handelt sich aber um ein sehr stark vereinfachtes Verfahren, das für die Bilanzierung im Wesentlichen mit standardisierten Werten arbeitet (für die einzelnen Fruchtarten wird z. B. von bestimmten Verfahren der Bodenbearbeitung ausgegangen). Wesentliche bestimmende Faktoren für die Einschätzung und Bewertung des Humusgehalts wie die Bodenart, die Höhenlage, die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse sowie</p>
--	--

	<p>der Humus-Ausgangsgehalt werden nicht berücksichtigt. Das Verfahren erlaubt daher nur eine qualitative Abschätzung der Humusreproduktion bei unterschiedlichen Bodenbewirtschaftungsverfahren, aber keine wissenschaftlich fundierte Aussage zum tatsächlichen Humusstatus der Böden und zu Trends. Auch die aus Vereinfachungsgründen pauschalisierende Bewertung des Humussaldo (Mittel aus 3 Jahren soll im Bereich zwischen -75 und +125 kg Humus-C/ha und Jahr liegen und darf -75 kg Humus-C/ha und Jahr nicht unterschreiten) widerspricht den wissenschaftlichen Erkenntnissen, dass sich „optimale“ Humusgehaltsspannen nur standort- und klimazonenabhängig festlegen lassen. Von einer Nutzung der Datenquelle Humusbilanzierung im Zusammenhang mit der DirektZahlVerpflV wird daher abgesehen.</p>
<p>Rechtsgrundlagen, Strategien:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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) • Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung (Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand) 2004 (DirektZahlVerpflV) • Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • LABO-Positionspapier „Klimawandel - Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“ vom 9.6.2010 (LABO 2010)
<p>Ziele:</p>	<p>BBodSchG § 17 (2): „Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft“: Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört [...], dass der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten wird.</p> <p>DirektZahlVerpflV § 3 (1): „Erhalt der organischen Substanz im Boden und Schutz der Bodenstruktur“: Der Betriebsinhaber hat seine Ackerflächen so zu bewirtschaften, dass die organische Substanz im Boden erhalten bleibt.</p> <p>DAS, Kap. 3.2.4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden durch Verringerung bzw. Vermeidung der Bodenerosion und der schadhafte Bodenverdichtung sowie durch den Erhalt der organischen Substanz • Schutz der Bodenfunktionen • Intensivierung des Bodenschutzes im Hinblick auf die Gefahren der Erosion und des Rückgangs der Humusgehalte, v a. auch in hydromorphen Böden • Umsetzung standortangepasster Landnutzungsstrategien zur Verringerung negativer Effekte durch Veränderungen in der Boden- und Humusbildung und damit der C-Sequestrierung <p>LABO 2010: nachhaltige Nutzung von Ackerflächen, insbesondere durch: Sicherstellung einer ausgeglichenen Humusbilanz; Vermeidung des Verlustes organischer Substanz infolge von Wasser- und Winderosion</p>
<p>Berichtspflichten:</p>	<p>keine</p>

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Teil A: Humusgehalt: Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes - Teil 3: Bestimmung der Veränderungen des Humusgehalts und deren Ursachen auf Ackerböden Deutschlands, UBA-Texte 26/2016 Teil B: Gesamtstickstoff (N _t) Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern; Auswertungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 1
Geographische Abdeckung:	Teil A: Freistaat Bayern (91 Acker-BDF) Teil B: Freistaat Bayern (91 Acker-BDF)	
Zeitliche Auflösung:	bisher sechsmalig, seit 1986 1. Probenahme: 1986–1987 (dargestellt für 1986) 2. Probenahme: 1989–1993 (dargestellt für 1991) 3. Probenahme: 1996–1999 (dargestellt für 1997) 4. Probenahme: 2005–2007 (dargestellt für 2006) 5. Probenahme: 2012 6. Probenahme: 2015-2016 (dargestellt für 2015)	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BO-R-1_Daten_Humus.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Humus: Zur organischen Substanz der Böden gehören alle in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren organische Umwandlungsprodukte. Die Gesamtheit der organischen Substanz bildet den Humus. Der Humuskörper durchsetzt im Boden teils den Mineralkörper, teils bedeckt er diesen als Auflagehumus (Scheffer & Schachtschabel 2002). Die stoffliche Beschaffenheit des Humus und seine Zusammensetzung sind sehr heterogen. Die Bedeutung des Humus liegt in der komplexen Beeinflussung nahezu aller Bodeneigenschaften und -funktionen. Er ist eine langsam fließende Nährstoffquelle für die Pflanzen. Durch mikrobiellen Abbau der Humusbestandteile werden organisch gebundene Elemente (Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff) in pflanzenverfügbare Verbindungen umgewandelt (Capriel & Seiffert 2009).</p> <p>C_{org} und N_t: Organischer Kohlenstoff (C_{org}) und Gesamtstickstoff (N_t) sind die wichtigsten Bestandteile des Humus. Die C-Gehalte des Humus können stark schwanken.</p> <p>C/N-Verhältnis: Das Verhältnis von C_{org} und N_t im Oberboden ist der klassische Indikator für die Humusqualität. Er ist ein Maß für die biologische Aktivität und damit für die Nährstoffverfügbarkeit im Boden sowie für den Abbaugrad der organischen Bodensubstanz. Es hängt von der Bodenart und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung ab. Als stabil bzw. eng gilt ein C/N-Verhältnis von 10 bis 12, d.h. auf 10 bis 12 C-Atome kommt ein N-Atom. In diesem Falle ist die Mineralisierungsrate der organischen Substanz hoch, d.h. sie wird in ihre anorganischen Komponenten zersetzt. Sie ist dann attraktiv für die Bodenlebewesen als Nahrungsquelle. Die anorganischen Komponenten werden von den</p>
-----------------	--

	<p>Pflanzen als Nährstoffe aufgenommen und so wiederum in den Nährstoffkreislauf integriert. Werte unterhalb von 10 kennzeichnen sehr enge C/N-Verhältnisse und dementsprechend sehr hohe Mineralisierungsraten. In diesem Falle kann die Gefahr einer Stickstoffauswaschung bestehen. Bei weiten C/N-Verhältnissen, d.h. Werten über 20, ist der Abbau der organischen Substanz gehemmt, so dass sich eine organische Auflage bestehend aus einem Fermentations- und manchmal zusätzlich aus einem Humusstoffhorizont bildet. In dieser Auflage sind die Nährstoffe weitgehend blockiert und nur in geringen Anteilen für die Pflanzen verfügbar. Bei engem C/N-Verhältnis spricht man von guter, bei weitem von schlechter Humusqualität.</p> <p>Humusbilanz: In der Humusbilanz nach der Direktzahlungen-Verpflichtungen-Verordnung werden Zufuhr und Abbau der organischen Substanz gegenübergestellt, d.h. es wird überprüft, ob zwischen den humusaufbauenden und humusabbauenden Prozessen in Ackerböden ein Fließgleichgewicht besteht. Das Verfahren beruht auf langjährigen Ergebnissen von Dauerfeldversuchen und erlaubt eine qualitative Abschätzung der Humusreproduktion bei unterschiedlichen Bodenbewirtschaftungsverfahren. In die Bilanzierung gehen auf der einen Seite die jeweiligen Kulturen mit ihrem Humusbedarf multipliziert mit der Fläche ein. Auf der anderen Seite wird die Reproduktion von Humus durch Ernterückstände (z. B. Rübenblatt, Stroh etc.) pro Hektar über ein vorgegebenes Hauptfrucht/Nebenproduktverhältnis vom Hauptfruchtertrag abgeleitet. Zusätzlich werden alle Mengen an Dünger und Abfallstoffen, die organische Substanz enthalten (Gülle, Stallmist, Klärschlamm, Kompost etc.), berücksichtigt. Als Berechnungseinheit wird der Humuskohlenstoff (Humus-C) pro Hektar genutzt.</p>
<p>Weiterführende Informationen:</p>	<p>Marx M., Rinklebe J., Kastler M., Molt C., Kaufmann-Boll C., Lazar S., Lischeid G., Schilli C., Körschens M.: Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes - Teil 3: Bestimmung der Veränderungen des Humusgehalts und deren Ursachen auf Ackerböden Deutschlands; http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-fachlicher-rechtlicher-0</p> <p>Capriel P. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2010: Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe 05 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Freising, 46 S.</p> <p>Capriel P. & Seiffert D. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2009: 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern. Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007. Schriftenreihe 10 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Freising, 47 S. www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_36603.pdf</p> <p>Düwel O., Siebner C.S., Utermann J., Krone F. 2007: Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands: Länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR. 33 S. und Anlagen. www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Humusgehalte__Bericht,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Humusgehalte_Bericht.pdf</p> <p>Huscek G., Krengel D., Kayser M., Bauriegel A., Burger H. 2004: Länderübergreifende Auswertung von Daten der Boden-Dauerbeobachtung der Länder. UBA-Texte 50/04, Berlin, 104 S. www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2824.pdf</p> <p>Hüttl R. F., Prechtel A., Bens O. (Hrsg.) 2008: Zum Stand der Humusversorgung der Böden in Deutschland. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung Bd. 7, Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften, 236 S.</p> <p>Kaufmann-Boll C., Kappler W., Lazar S., Meiners G., Tischler B., Baritz R., Düwel O., Hoffmann R., Utermann J., Makeschin F., Abiy M., Rinklebe J., Prüß A., Schilli C., Beylich A., Graefe U. 2011: Anwendung von Bodendaten in der</p>

	<p>Klimaforschung. F+E-Vorhaben des UBA 3708 71 205 01. Entwurf zum Abschlussbericht vom 14.2.2011.</p> <p>Körschens M., Rogasik J., Schulz E., Böning H., Eich D., Ellerbrock R., Franko U., Hülsbergen K.-J., Köppen D., Kolbe H., Leithold G., Merbach I., Peschke H., Prystav W., Reinhold J. U., Zimmer J. 2004: Humusbilanzierungs – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA-Standpunkt. 12 S. www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf</p> <p>LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) 2010: LABO-Positionspapier „Klimawandel - Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes“ vom 9.6.2010 www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Positionspapier_Boden_und_Klimawandel_090610_aa8.pdf</p> <p>Leithold G., Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. 1997: Humusbilanz – Methoden und Anwendung als Agrar-Umwelt-Indikator. In: Initiativen zum Umweltschutz, Bd. 5, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück: 43-54.</p> <p>Möller K. o.J.: Humusbilanz nicht vernachlässigen. Information der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Northeim. www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/279,3bcf5c57-237d-eebf-5e84994d089c1dd9~pdf.htm</p> <p>Möller A. & Kennepohl, A. (2014): Abschätzung von CO₂-Emissionen und -Retentionen durch Landnutzungsänderungen anhand regionalisierter Kohlenstoffvorräte auf landwirtschaftlich genutzten Böden Niedersachsens. GeoBerichte 27, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.).</p> <p>Schilli C., Rinklebe j., Lischeid G., Kaufmann-Boll C., Lazar S. 2011: Auswertung der Veränderungen des Bodenzustands für Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) und Validierung räumlicher Trends unter Einbeziehung anderer Messnetze - Teil B: Datenauswertung und Weiterentwicklung des Monitorings. UBA-Texte 90/2011, 131 S.</p> <p>Schils R., Kuikman P., Liski J., van Oijen M., Smith P., Webb J., Alm J., Somogyi Z., van den Akker J., Billett M., Emmett B., Evans C., Lindner M., Palosuo T., Bellamy P., Jandl R., Hiederer R. 2008: Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. ClimSoil - Final Report, Wageningen, 177 pp and Annexes. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf</p> <p>Spatz P. 2001: Möglichkeiten der länderübergreifenden Auswertung an Standorten der Bodendauerbeobachtung - ausgehend von der Zusammenstellung der Metadaten aus den Ländern. UBA-Texte 22/01, 5 S.</p> <p>Wessolek G. & Asseng S. 2006: Trade-off between wheat yield and drainage under current and climate change conditions in northeast Germany. European Journal of Agronomy 24: 333-342.</p> <p>Wessolek G., Kaupenjohann M., Dominik P., Ilg K., Schmitt A., Zeitz J., Gahre F., Schulz E., Ellerbrock R., Utermann J., Düwel O., Siebner C. 2008: Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) Nr. 7 BBodSchG. Schlussbericht zum F+E-Vorhaben 202 71 264 des UBA, Berlin, 163 S.</p>
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung	Datenbeschaffung:	3	Mehrere datenhaltende Institutionen, Daten müssen aus den Ländern zusammengetragen werden.
	Datenverarbeitung:	3	Komplexere Datenaufbereitungen und Auswertungen erforderlich. Die Methodik wird derzeit noch diskutiert.

	<p><u>Erläuterung:</u> Für die Fortschreibung des Indikators werden ab einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft genügend valide Wiederholungserhebungen auf den BDF zur Absicherung von statistisch signifikanten Veränderungen der Humusgehalte in Böden auf bundesweitem Maßstab zur Verfügung stehen. Ob die zur Veränderungsbetrachtung nötigen Bewirtschaftungsdaten in gleichem Umfang geliefert werden können wie die Klimadaten, lässt sich noch nicht absehen. Diese Bewirtschaftungsinformationen müssten dann in geeigneter Weise transformiert werden, um sie mit den Humusdaten zu verrechnen und letztendlich zu bilanzieren. Der Aufwand für die Transformation und die anschließende Berechnung lässt sich derzeit noch nicht genauer abschätzen, da die Methodik für die Datenauswertung und Interpretation nur unzureichend erprobt ist. Die Auswertungen erfolgen allerdings auch zur Nutzung in anderen Kontexten und nicht explizit für die Darstellung des DAS-Indikators.</p>
Datenkosten	keine
Zuständigkeit	<p>Umweltbundesamt, Fachgebiet 2.7 Bodenzustand und Bodenmonitoring</p> <p><u>Erläuterung:</u> Das UBA koordiniert die Arbeiten zur bundesweiten Auswertung der BDF-Daten. Die perspektivische Anpassung des Indikators auf Basis von Humus-Vorratsberechnungen wird vom UBA in Zusammenarbeit mit den Ländern fachlich koordiniert und umgesetzt.</p>

VII Darstellungsvorschlag

