



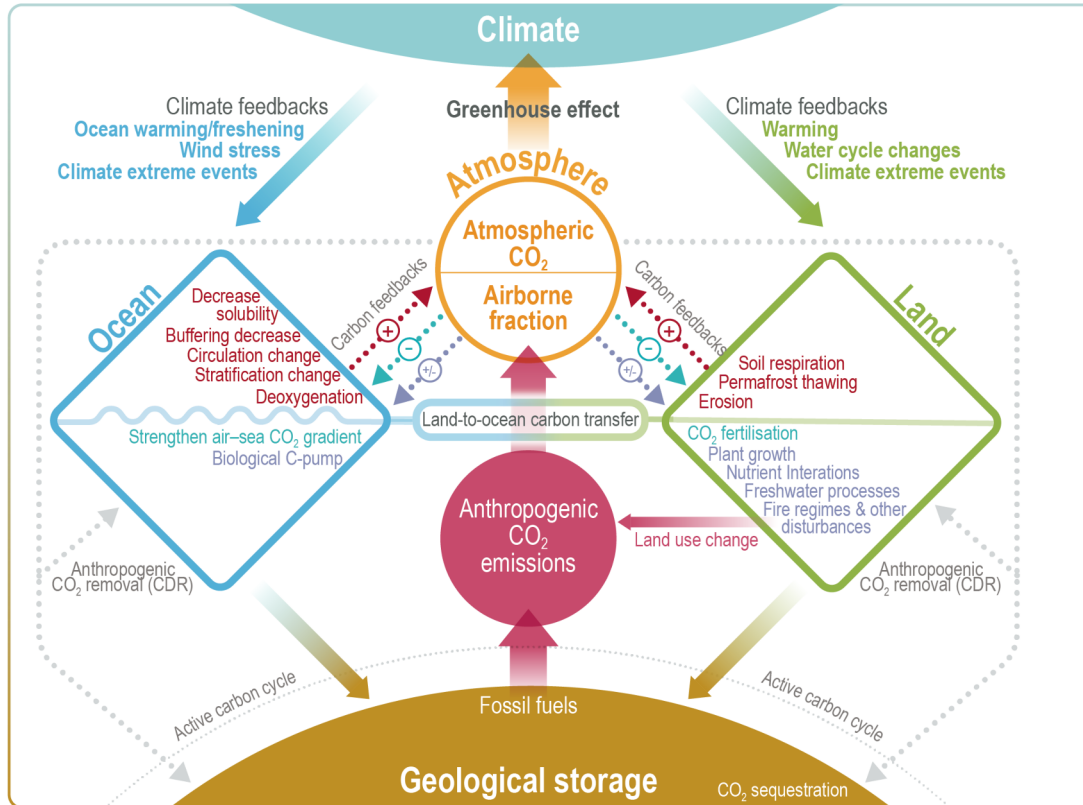
# Bodenkultur und Düngung

Organische Substanz,  $C_{\text{org}}$ -Gehalt und  $C_{\text{org}}$ -Vorrat

Prof. Dr. Mareike Ließ

WS 25/26

# Der Kohlenstoffkreislauf



## IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

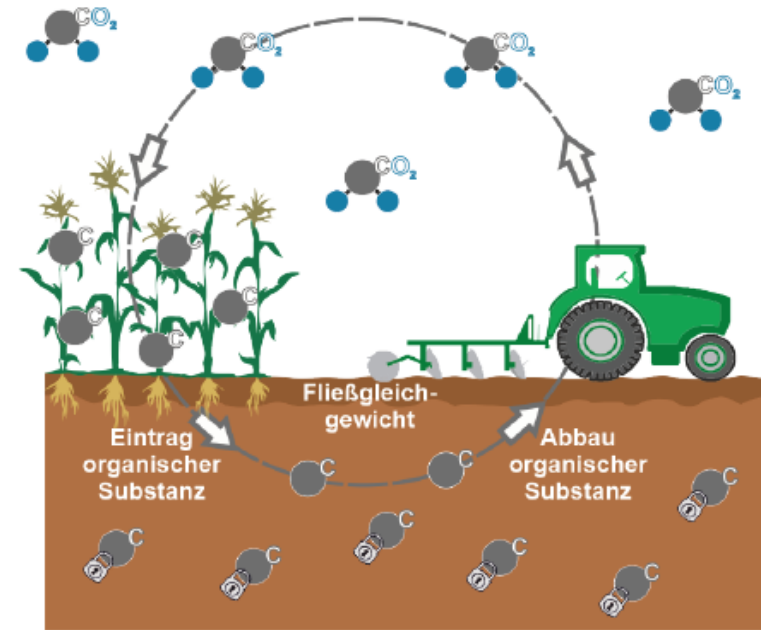
Zwischenstaatlicher Sachverständigenrat für Klimaänderungen

- wissenschaftliches Gremium, das aktuelle Informationen der weltweiten Klimaforschung sammelt und bewertet.
- Einschätzungen zu den Folgen des Klimawandels auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft sowie Strategien zur Reaktion darauf.

Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa et al., 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816, doi: [10.1017/9781009157896.007](https://doi.org/10.1017/9781009157896.007).

# Bodenkohlenstoff

- Etwa **80 % der terrestrischen organischen Kohlenstoffvorräte**, die am aktiven C-Kreislauf teilnehmen, sind in Boden gebunden, nur etwa 20 % in der Vegetation.
- Die Rückfuhr des gebundenen C in die Atmosphäre erfolgt überwiegend über die Bodenatmung durch mikrobielle Oxidationsprozesse.
- Der im System verbleibende, nicht mineralisierte Anteil wird langfristig in der organischen Bodensubstanz festgelegt. Dieser Kohlenstoff unterliegt **Stabilisierungsprozessen** im Boden, die ihn weitgehend gegen mikrobiellen Abbau schützen.
- Unter konstanten Klima- und Bewirtschaftungsbedingungen nähert sich der  $C_{org}$ -Vorrat im Boden langfristig einem **Gleichgewicht** aus Eintrag (z.B. Ernterückstände, organische Dünger) und Abbau der organischen Substanz an.



BonaRes Series 2020/1 | DOI: 10.20387/BonaRes-F8T8-XZ4H

# Humusfunktionen

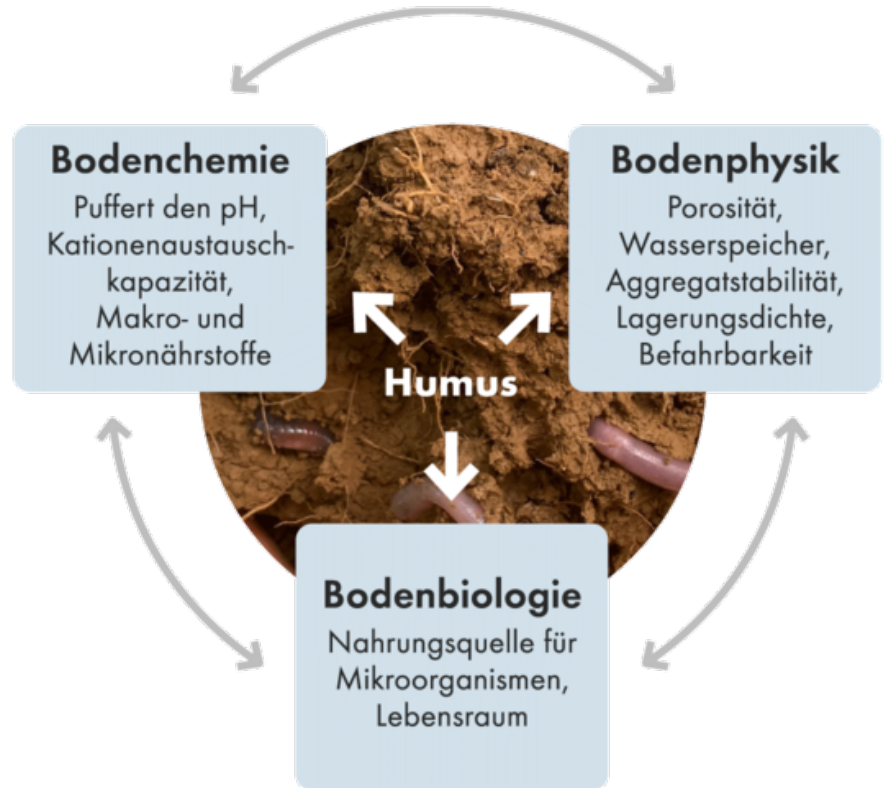
**Humus:** die Gesamtheit der organischen Stoffe im Boden, die beim Ab- und Umbau pflanzlicher und tierischer Überreste entstehen.

## Humusgehalt:

$C_{\text{org}}$ -Gehalt \* Faktor 1,72 (Humus ist neben C auch aus O, H, S und N aufgebaut).

**Funktion:** Humus kann große Mengen an Nährstoffen und Wasser speichern.

- Die spezifische Oberfläche von 1 g Humus beträgt 800-1000 m<sup>2</sup>, woraus sich das enorme Nährstoffspeichervermögen ableitet.
- Humus kann das 3 bis 5-fache seines Gewichts an Wasser speichern. Bei 3 % Humus im Boden können mehr als 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> vom Humus gespeichert werden.



<https://www.bioaktuell.ch>

# Bodenkohlenstoff: Gehalt und Vorrat

Quantitative Bestimmung von  $C_{org}$ -Vorräten ( $\text{kg m}^{-2}$  bzw.  $\text{t ha}^{-1}$ )

## Bodenprobenahme

- $C_{org}$ -Gehalt: repräsentative Mischprobe der Fläche (15 über den Schlag verteilte Einstiche pro Hektar)
- Lagerungsdichte (Stechzylinder)

## Labor-Bestimmung

- $C_{org}$ -Gehalt (Feinboden),
- Lagerungsdichte  $\rho$
- Skelettanteil

$d$  Mächtigkeit der Tiefenstufe (des Horizontes)  
 $\rho$  Lagerungsdichte der Tiefenstufe  
 $m$  Masse  
 $V$  Volumen

$$\text{Vorrat}_{C_{org}} = \text{Gehalt}_{C_{org}} \cdot \rho \cdot d$$

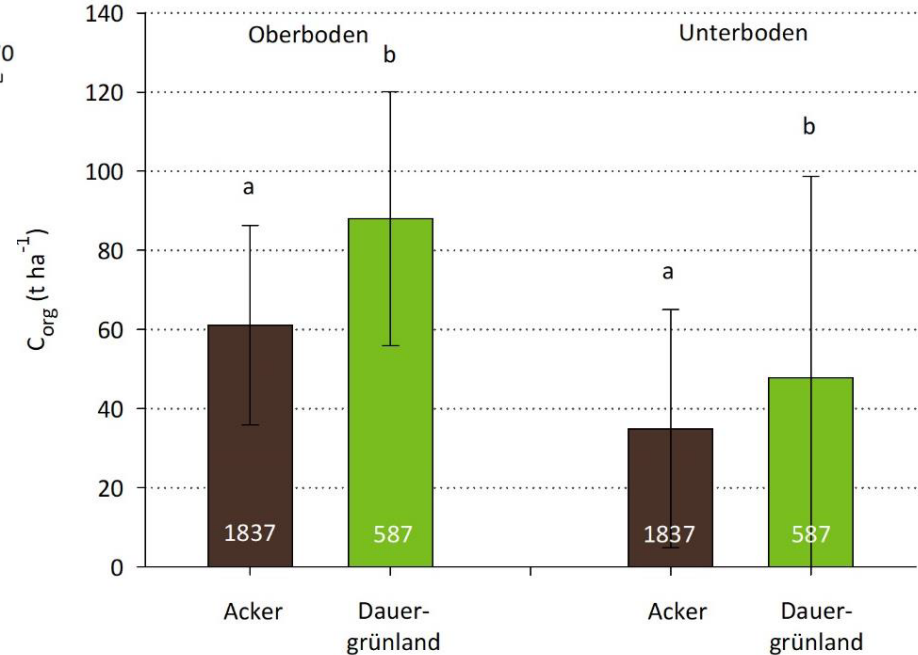
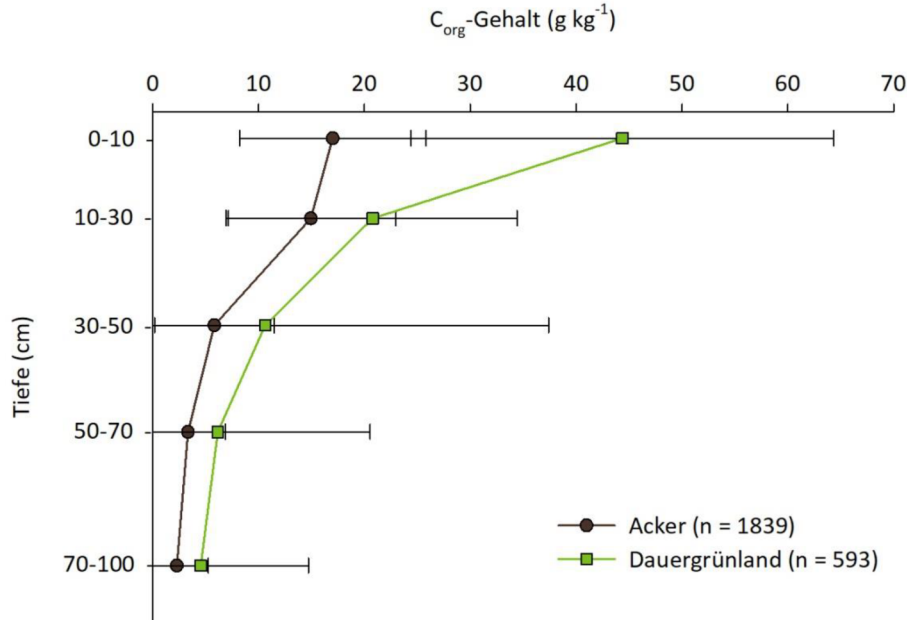
$$\text{Vorrat}_{C_{org}} = \text{Gehalt}_{C_{org}} \cdot \left( \frac{m_{\text{Stechzylinder}} - m_{\text{Skelett}}}{V_{\text{Stechzylinder}} - V_{\text{Skelett}}} \right) \cdot (1 - \text{Skelettanteil}) \cdot d$$

# Aufgabe

Sie haben den Pflughorizont (Ap) beprobt. Sie haben gestörte Proben und ungestörte Proben entnommen. Die benutzten Stechzylinder haben ein Volumen von  $100 \text{ cm}^3$ . Der Ap-Horizont hat eine Mächtigkeit von 23 cm. Im Labor haben sie einen  $C_{\text{org}}$ -Gehalt von 1,8 % ( $18 \text{ g kg}^{-3}$ ), und eine Lagerungsdichte von  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$  bestimmt.

- 1) Bitte berechnen Sie den  $C_{\text{org}}$ -Vorrat des Pflughorizontes in  $\text{kg m}^{-2}$  [ $\text{t ha}^{-1}$ ].
- 2) Bitte korrigieren Sie den berechneten  $C_{\text{org}}$ -Vorrat um den Skelettgehalt: Die Masse ( $m_{\text{Skelett}}$ ) beträgt 5,3 g. Das Volumen ( $V_{\text{Skelett}}$ ) beträgt  $2 \text{ cm}^3$ .

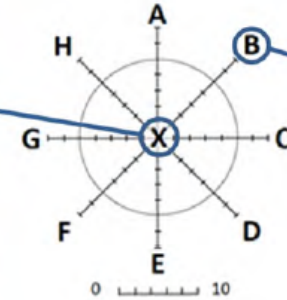
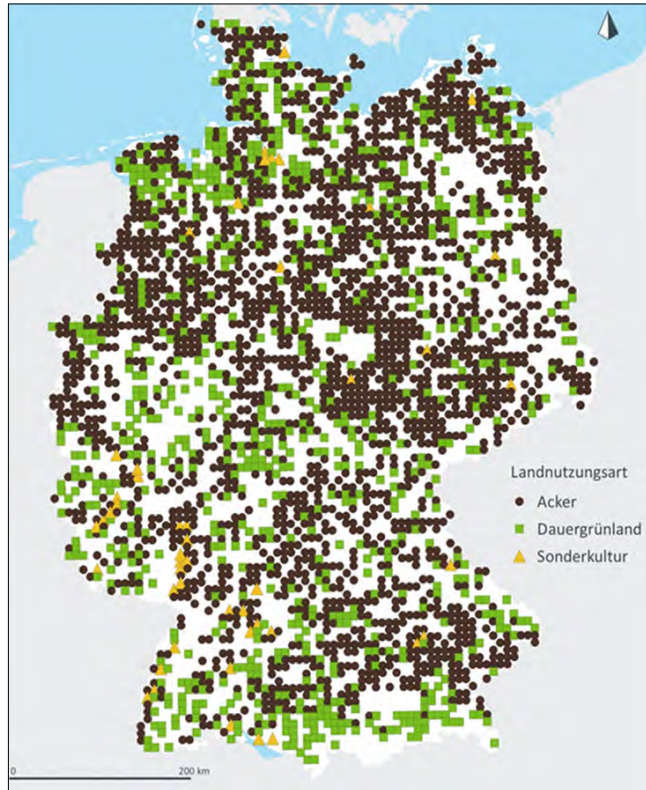
# Bodenkohlenstoffgehalte und -vorräte in landw. Böden (DE)



Jacobs A, Flessa H, Don A et al (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

# Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

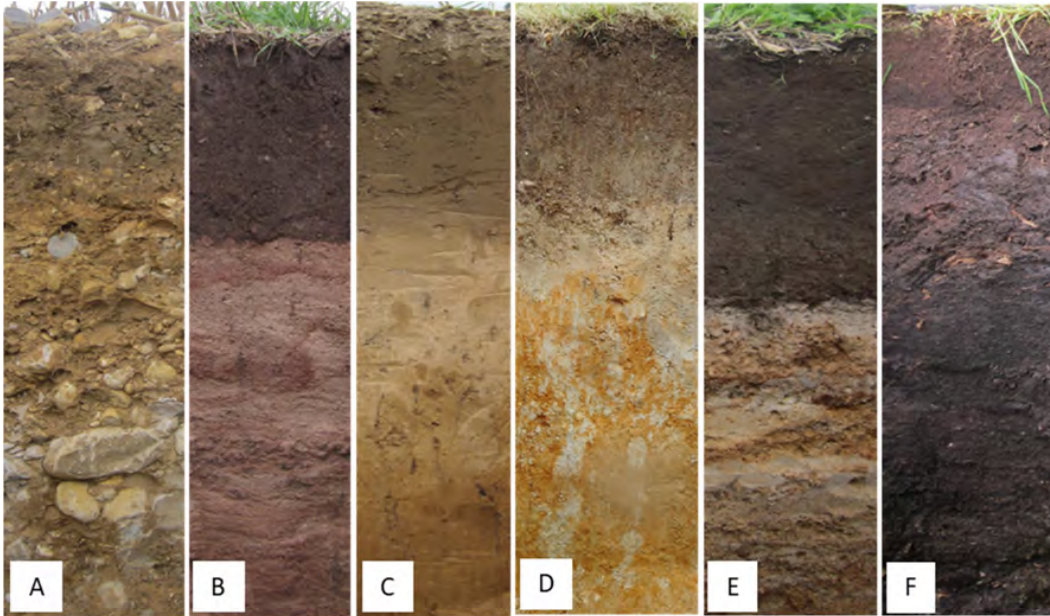
Ressortforschung für die Emissionsberichterstattung (Thünen-Institut für Agrarklimaschutz)



Jacobs A, Flessa H, Don A et al (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000



# Bodenzustandserhebung Landwirtschaft



Böden haben sehr unterschiedliche Vorräte an organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) in 0 bis 100 cm Tiefe und einem Hektar Fläche:

A: Pararendzina	13,4 t $C_{org}$ ,
B: Regosol	65,1 t $C_{org}$ ,
C: Parabraunerde	78,4 t $C_{org}$ ,
D: Pseudogley	82,1 t $C_{org}$ ,
E: Humusgley	131,7 t $C_{org}$ ,
F: Niedermoor	692,7 t $C_{org}$ .

Jacobs A, Flessa H, Don A et al (2018)  
Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland  
- Ergebnisse der Bodenzustandserhebung.  
Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut,  
Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

# Rückblick Bodenprofilansprache: Humusgehalt

Tabelle C32: Schätzung des Humusgehalts des Mineralbodens für einige Bodenarten aus der Bodenfarbe

Farbe	Value nach MUNSELL <sup>1</sup>	Humusgehaltsstufe <sup>2</sup>					
		feuchter Zustand			trockener Zustand		
		Ss, Reingrus, -kies	Sl2, Sl3, St2, St3, Su2, Su3, Su4, Slu, Sl4, St3 Ls2, Ls3, Ls4	Schluffe, Tone und übrige Lehme	Ss, Reingrus, -kies	Sl2, Sl3, St2, St3, Su2, Su3, Su4, Slu, Sl4, St3 Ls2, Ls3, Ls4	Schluffe, Tone und übrige Lehme
hellgrau	7	h0	h0	h0	h0	h1	h1
hellgrau	6.5	h0	h0	h0	h0 bis h1	h1	h1 bis h2
grau	6	h0	h0	h0	h1	h1 bis h2	h2
grau	5.5	h0	h0	h0	h2	h2	h3
grau	5	h0	h0	h0 bis h1	h2	h3	h3
dunkelgrau	4.5	h0 bis h1	h1	h1	h3	h3 bis h4	h3 bis h4
dunkelgrau	4	h1	h1	h1 bis h2	h3	h4	h4
schwarzgrau	3.5	h1 bis h2	h2	h2 bis h3	h4	h4 bis h5	h5
schwarzgrau	3	h2 bis h3	h3	h3 bis h4	h4 bis h5	≥ h6	≥ h6
schwarz	2.5	h3 bis h4	≥ h3	≥ h4	≥ h5		
schwarz	2	≥ h4					

<sup>1</sup> bei Chroma 3.5 bis 6 die Humusgehaltsstufe in der Zeile Value um 0.5 höher, bei Chroma höher als 6 in der Zeile Value um 1 höher ablesen

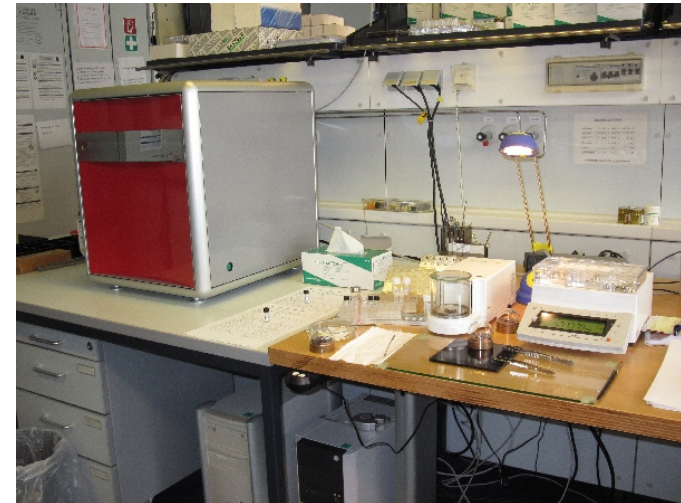
<sup>2</sup> Definition der Kurzzeichen h0 bis h6 s. Tabelle C33; für leere Felder liegen keine Werte vor

# Messmethoden $C_{org}$ : Labor

1. **Oxidation durch Verbrennen in Sauerstoff** und Bestimmung des dabei gebildeten  $CO_2$ . Bei carbonathaltigen Böden und Temperaturen über  $650\text{ }^\circ C$  muss das durch thermische Dissoziation von Carbonaten freigesetzte  $CO_2$  abgezogen werden.

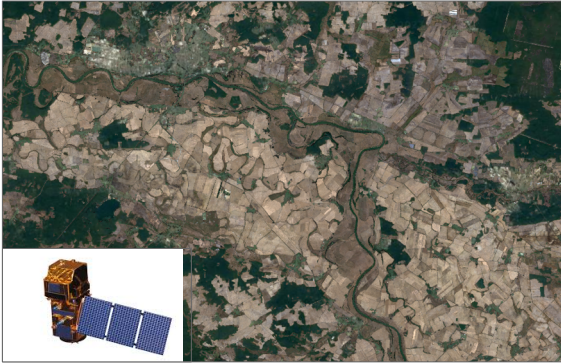
2. **Wenn das thermische Verfahren nicht zur Verfügung steht**, wird noch auf die Oxidation der organischen Substanz durch Cr(VI) (Dichromat) in schwefelsaurer Lösung und photometrische Bestimmung des gebildeten Cr(III) zurückgegriffen. Alternativ kann auch das nicht verbrauchte Cr(VI) oder das bei der Oxidation entstandene  $CO_2$  bestimmt werden.

3. **Bei Mooren** und weitgehend tonfreien Böden liefert die Bestimmung des Glühverlustes bei  $400\text{ }^\circ C$  ausreichend genaue Werte.



# „Messung“ durch Vis-NIR-Sensoren: Bodenspektroskopie

Komplexe Datenauswertung (u.a. Datenvorprozessierung, maschinelles Lernen)



Fernerkundung



Proximal-  
bodenerfassung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# „Messung“ durch Vis-NIR-Sensoren: Bodenspektroskopie

Wissenschaftl. Ansatz: Big Data

Earth-Science Reviews 155 (2016) 198–230



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Earth-Science Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/earscirev](http://www.elsevier.com/locate/earscirev)



## A global spectral library to characterize the world's soil



R.A. Viscarra Rossel <sup>a,\*</sup>, T. Behrens <sup>b</sup>, E. Ben-Dor <sup>c</sup>, D.J. Brown <sup>d</sup>, J.A.M. Demattê <sup>e</sup>, K.D. Shepherd <sup>f</sup>, Z. Shi <sup>g</sup>, B. Stenberg <sup>h</sup>, A. Stevens <sup>i</sup>, V. Adamchuk <sup>j</sup>, H. Aichi <sup>k</sup>, B.G. Barthès <sup>l</sup>, H.M. Bartholomeus <sup>m</sup>, A.D. Bayer <sup>n</sup>, M. Bernoux <sup>l</sup>, K. Böttcher <sup>o,p</sup>, L. Brodský <sup>q</sup>, C.W. Du <sup>r</sup>, A. Chappell <sup>a</sup>, Y. Fouad <sup>s</sup>, V. Genot <sup>t</sup>, C. Gomez <sup>u</sup>, S. Grunwald <sup>v</sup>, A. Gubler <sup>w</sup>, C. Guerrero <sup>x</sup>, C.B. Hedley <sup>y</sup>, M. Knadel <sup>z</sup>, H.J.M. Morrás <sup>aa</sup>, M. Nocita <sup>ab</sup>, L. Ramirez-Lopez <sup>ac</sup>, P. Roudier <sup>y</sup>, E.M. Rufasto Campos <sup>ad</sup>, P. Sanborn <sup>ae</sup>, V.M. Sellitto <sup>af</sup>, K.A. Sudduth <sup>ag</sup>, B.G. Rawlins <sup>ah</sup>, C. Walter <sup>s</sup>, L.A. Winowiecki <sup>f</sup>, S.Y. Hong <sup>ai</sup>, W. Ji <sup>a,g,j</sup>

# Lab in a box [AgroCares]



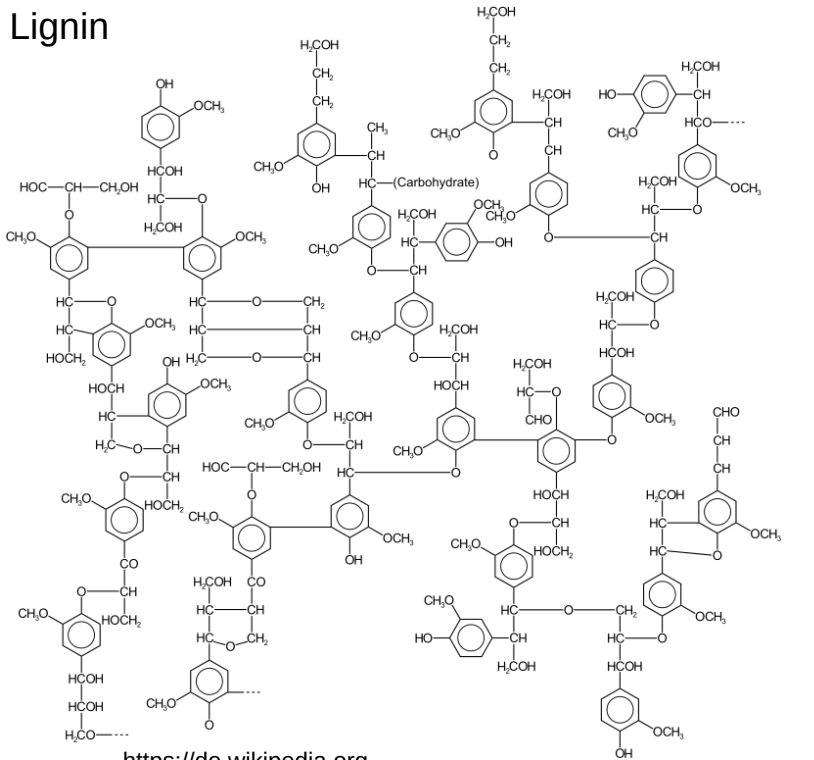
<https://agrocared.com/scanners/>

# Organische Substanz: Bausteine

- **Cellulose** besteht aus Glucoseeinheiten, die linearpolymer über hydrolysierbare, glycosidische Bindung miteinander verknüpft sind.
- **Hemicellulosen und Pektine** unterscheiden sich von Cellulose durch den Aufbau aus verschiedenen Zuckereinheiten, nämlich Pentosen, Hexosen, Hexuronsäuren und Desoxyhexosen mit Seitenketten und Verzweigungen.
- **Lignin** ist eine hochmolekulare, dreidimensionale Substanz aus Phenylpropaneinheiten, die in verholzenden Pflanzen das Gefüge der aus vorwiegend linear gebauten Polysacchariden bestehenden Zellmembran ausfüllt und versteift.
- **Gerbstoffe oder Tannine** sind natürliche Polyphenole sehr vielfältiger Zusammensetzung.
- **Lipide** bestehen aus einer Reihe verschiedener Substanzklassen, z. B. langkettige Kohlenwasserstoffe, primäre und sekundäre Alkohole, Ketone, Triglyceride und Wachsester.
- **Proteine** bestehen aus einer Gruppe von etwa 20 verschiedenen Aminosäuren, die über Peptidbindung miteinander verknüpft sind. Stickstoff ist in den Resten von Pflanzen und Tieren zu über 99 % in organischer Form gebunden, überwiegend in Proteinen. Proteine enthalten auch den wesentlichen Teil des organisch gebundenen Schwefels.
- **Inositolphosphate** sind Esterverbindungen von Hexahydroxycyclohexan, und Phospholipiden. Wichtige P-Quelle

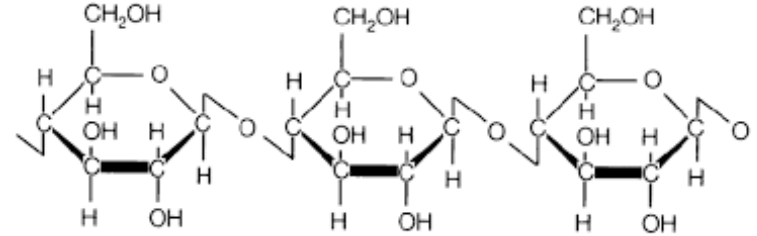
# Organische Substanz: Bausteine

## Lignin



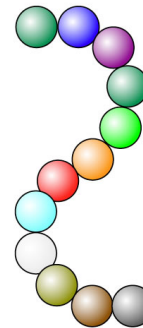
<https://de.wikipedia.org>

## Cellulose

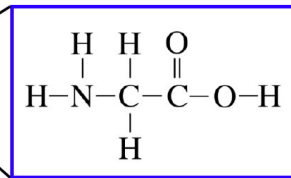


[https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-structure\\_fig1\\_238090202](https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-structure_fig1_238090202)

## Proteine



Ein kleiner Ausschnitt aus einem Protein.  
Ein Protein besteht aus über 100 Aminosäuren.



**Aminosäuren:**  
Monomere der  
Proteine.

<https://www.u-helmich.de/>

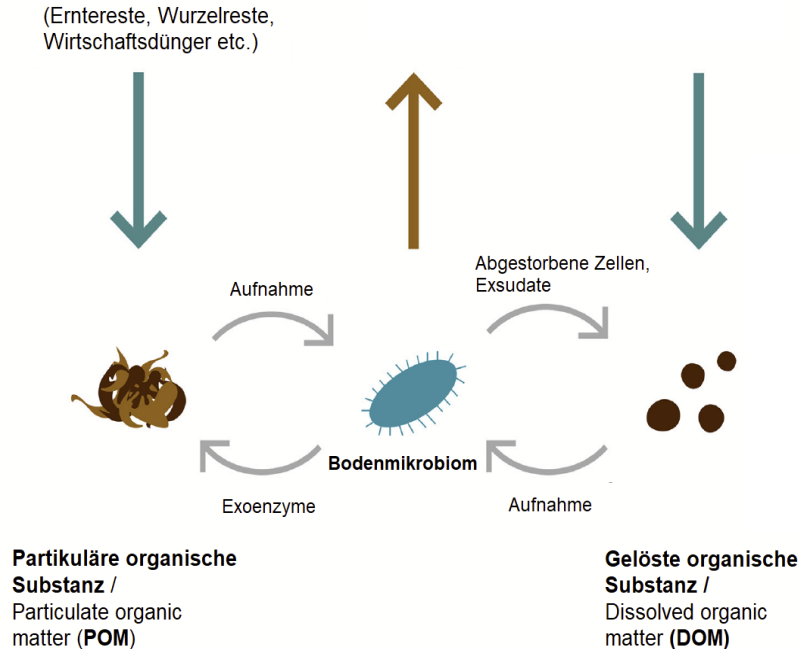


# Organische Substanz: Bausteine

	Cellulose	Hemicellulose <sup>+</sup>	Lignin	Protein	Lipide*	C/N
	% TS					
Weidelgras (Spross)	19...26	16...23	4...6	12...20		
Luzerne (Spross)	13...33	8...11	6...16	15...18		
Weizenstroh	27...33	21...26	18...21	3		50...100
Bakterien	0	4...32	0	50...60	10...35	5...8
Pilze	8...60 (Chitin)	2...15	0	14...52	1...42	10...15

Amelung et al., 2018

# Rückblick: Biologische Verwitterung und biologische Prozesse



**Biologische Verwitterung:** durch Pflanzenwurzeln, Bakterien, Algen und Pilze. Die Hauptwirkung geht von biotisch produzierten Säuren aus.

**Zersetzung:** Abbau organischer Substanz

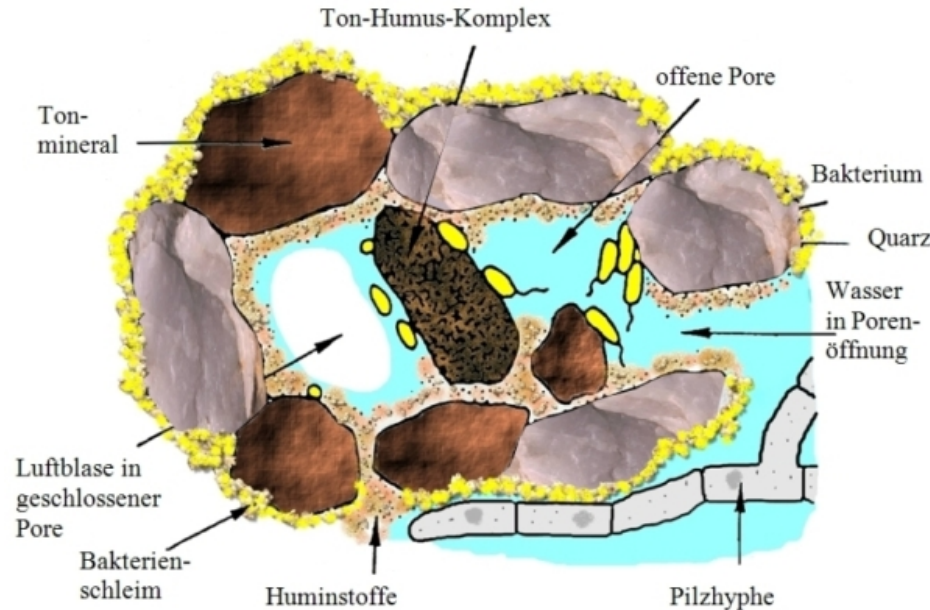
**Mineralisierung:** vollständiger mikrobieller Abbau zu anorganischen Stoffen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), bei dem auch die in den organischen Stoffen enthaltenen Pflanzennährelemente freigesetzt werden.

**Humifizierung:** Synthese amorph, vielfach aromatischer polymerer Stoffe (Huminstoffe); Umwandlung und Bindung organischer Substanz im Boden; Stabilisierung gegenüber Mineralisierung.

<https://www.landwirtschaftskammer.de>

# Rückblick: Biologische Verwitterung und biologische Prozesse

## Stabilisierungsprozesse organischer Bodensubstanz



Die organische Bodensubstanz wird durch verschiedene Stabilisierungsprozesse gegen fortschreitenden Abbau (durch Mikroorganismen) geschützt.

- Von besonderer Bedeutung ist dabei eine **Bindung an Tonminerale** (Ton-Humus-Komplex) und/ oder Eisenoxide
- Zudem stellen **Bodenaggregate** einen physikalischen Schutz dar.

<https://www.lfl.bayern.de>

# Abbau organischer Substanz

- **Besonders schnell:** Abbau von Zucker, Stärke, Proteinen, Hemicellulose oder Cellulose, allgemein der nicht verholzten Anteile
- **wesentlich langsamer:** Abbau von Lignocellulose und bereits teilweise humifiziertes Material, z. B. Schwarztorf, Stallmist oder Kompost.

**Polysaccharide (Cellulose, Hemicellulose) und Proteine** dienen als C- und Energiequelle für die Mikroorganismen und werden dabei vollständig metabolisiert. Nach einer extracellulären, hydrolytischen Spaltung in monomere oder dimere Bruchstücke werden sie von den Mikroorganismen aufgenommen. Ein bedeutender Teil dieser Substanzen wird von heterotrophen Bakterien zur Energiegewinnung oxidiert. Hierbei entstehen als Endprodukte im aeroben Milieu  $H_2O$  und  $CO_2$ , während die gebundenen Mineralstoffe von den Bakterien aufgenommen oder in die Bodenlösung abgegeben werden.

# Humus

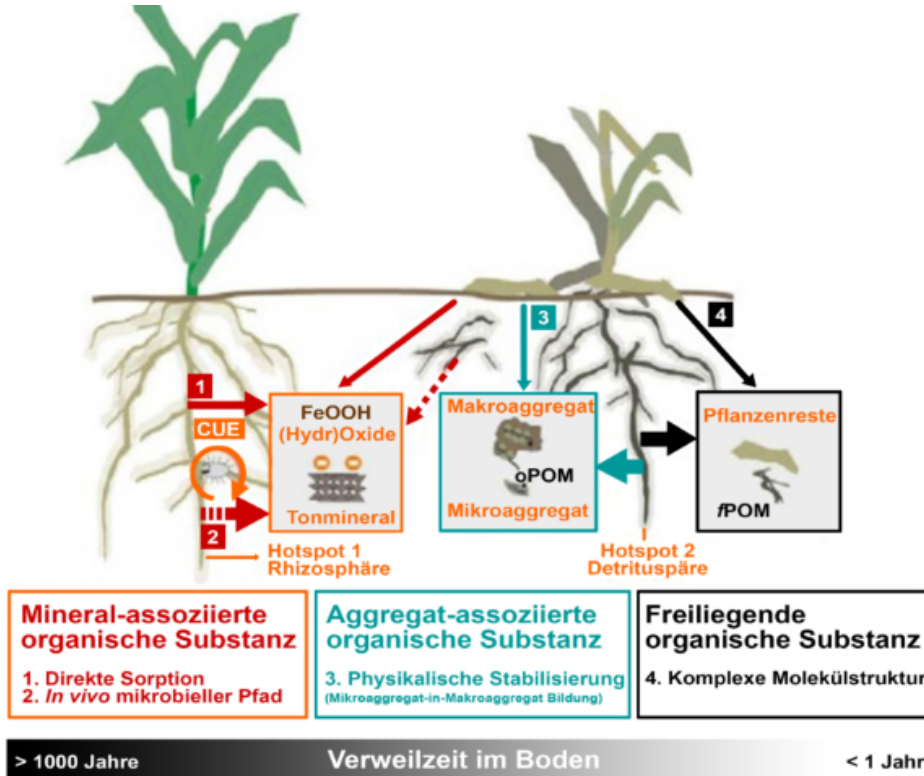
Humus ist keine homogene stabile Masse, sondern ein Spektrum von organischen Verbindungen mit unterschiedlichen Verweilzeiten. Die Stabilität ist nicht absolut, sondern relativ zu den physikalischen und chemischen Schutzmechanismen im Boden. Dies impliziert, dass Humusaufbau ein kontinuierlicher Prozess ist, der ständige Inputs und günstige Bedingungen erfordert, um Verluste aus den weniger stabilen Pools auszugleichen und die stabilen Pools aufzubauen.

## Stabilisierung:

**POM** partikuläre organische Substanz, die in Bodenaggregaten eingeschlossen ist

**MAOM** mineralassoziierte organische Substanz (Ton-Humus-Komplexe)

# Humus-Pools



Der Humus liegt im Boden im wesentlichen in 3 Pools vor:

1. der Mineral-assoziierte (Schluff/Ton-gebundener) Humuspool,
2. der Aggregat-assoziierte (in Bodenaggregaten gebundener) Humuspool und
3. der ungeschützte Humuspool (frei im Boden vorliegende, schwer abbaubare organische Substanz).

Die Stabilität des Humus nimmt dabei vom Mineral-assoziierten (mehr als 1000 Jahre) über den Aggregat-assoziierten (10 bis 500 Jahre) bis zum ungeschützten Pool (weniger als 10 Jahre) ab.

<https://myhumus.at/portfolio-item/humusaufbau/>

# Modellierung des C-Umsatzes

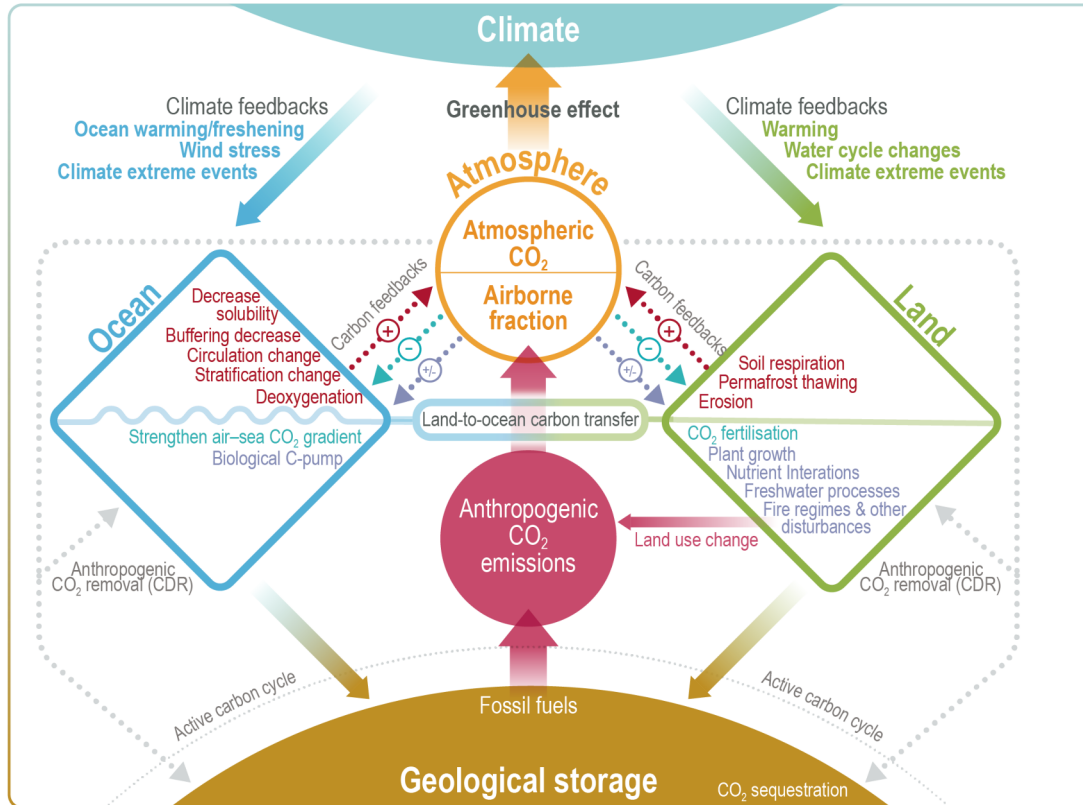
Tabelle 2-8: Für die Entwicklung des Modellensembles genutzte Bodenkohlenstoffmodelle und deren wichtigsten Eigenschaften; C<sub>org</sub> = organischer Kohlenstoff, N = Gesamtstickstoff

	C-TOOL <sup>1,2</sup>	CCB <sup>3</sup>	ICBM <sup>4,5</sup>	Yasso07 <sup>6,7</sup>	RothC <sup>8</sup>	Century <sup>9</sup>
Anzahl Pools	3	3	3	5	5	8
<u>langzeitstabiler Pool</u>						
• vorhanden	nein	ja	nein	nein	ja	nein
• Identifikation Umfang	---	Oberfläche Mikro- poren (geschätzt aus hydraulischen Eigen- schaften)	---	---	initialer C <sub>org</sub> -Vorrat: Tongehalt	---
<u>Treiberfaktoren</u>						
• Klima	Temperatur	Temperatur, Niederschlag	Temperatur, Niederschlag, Evapotranspiration, Interzeption (model- liert über Pflanzen- wachstum)	Temperatur, Niederschlag	Temperatur, Niederschlag, Evapotranspiration	Temperatur, Evapotranspiration: Temperatur
• Boden	Tongehalt, C:N	Tongehalt, Schluffgehalt	Tongehalt, Bodenfeuchte, Bodentemperatur	-	Bodenfeuchte, Tongehalt	Sandgehalt, Tongehalt
• C <sub>org</sub> -Eintrag	Art, Menge, Zeitpunkt	Art, Menge, Zeitpunkt	Art, Menge, Zeitpunkt als drei junge Pools (Wurzeln, Spross, organische Düngung)	Art, Menge, Zeitpunkt	Art, Menge, Zeitpunkt	N:Lignin, Ligningehalt

<sup>1</sup>Taghizadeh-Toosi et al. (2014a), <sup>2</sup>Taghizadeh-Toosi et al. (2016), <sup>3</sup>Franko et al. (2011), <sup>4</sup>Andren & Kätterer (1997), <sup>5</sup>Poeplau et al. (2015), <sup>6</sup>Tuomi et al. (2009), <sup>7</sup>Tuomi et al. (2011), <sup>8</sup>Coleman & Jenkinson (1995), <sup>9</sup>Parton et al. (1994)

Jacobs A, Flessa H, Don A et al (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

# Der Kohlenstoffkreislauf



## IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

Zwischenstaatlicher Sachverständigenrat für Klimaänderungen

- wissenschaftliches Gremium, das aktuelle Informationen der weltweiten Klimaforschung sammelt und bewertet.
- Einschätzungen zu den Folgen des Klimawandels auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft sowie Strategien zur Reaktion darauf.

Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa et al., 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816, doi: [10.1017/9781009157896.007](https://doi.org/10.1017/9781009157896.007).

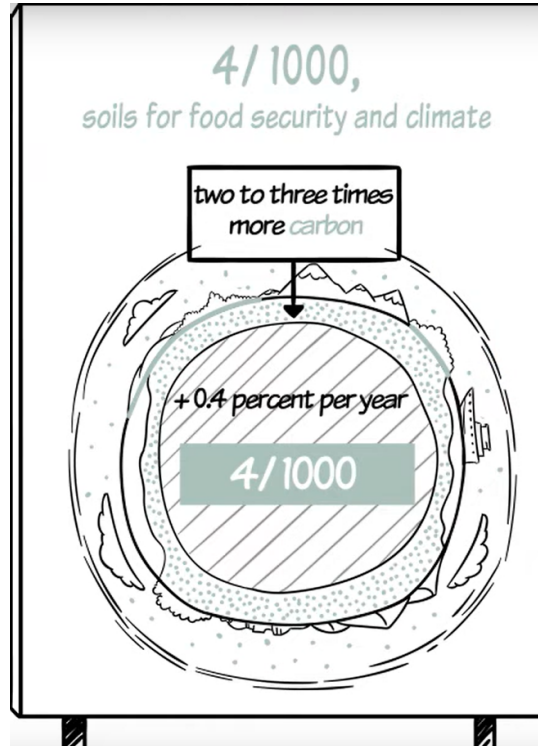


# Die internationale 4 per 1000 – Initiative

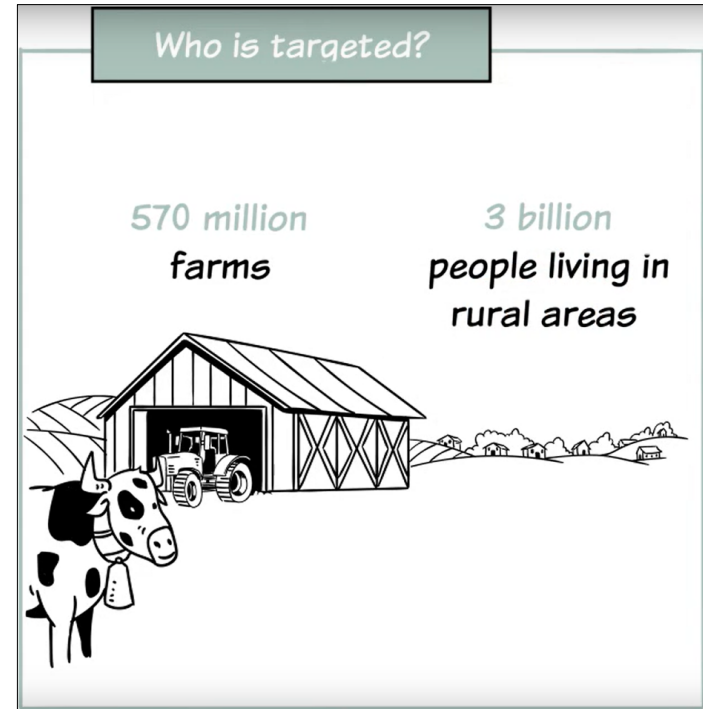
Böden für Ernährungssicherheit und Klima



<https://4p1000.org>



Speicherung von 0,4% C pro Jahr in  
den oberen 30-40 Bodenzentimetern



# Landwirtschaftliche Praktiken zur Förderung des Humusaufbaus

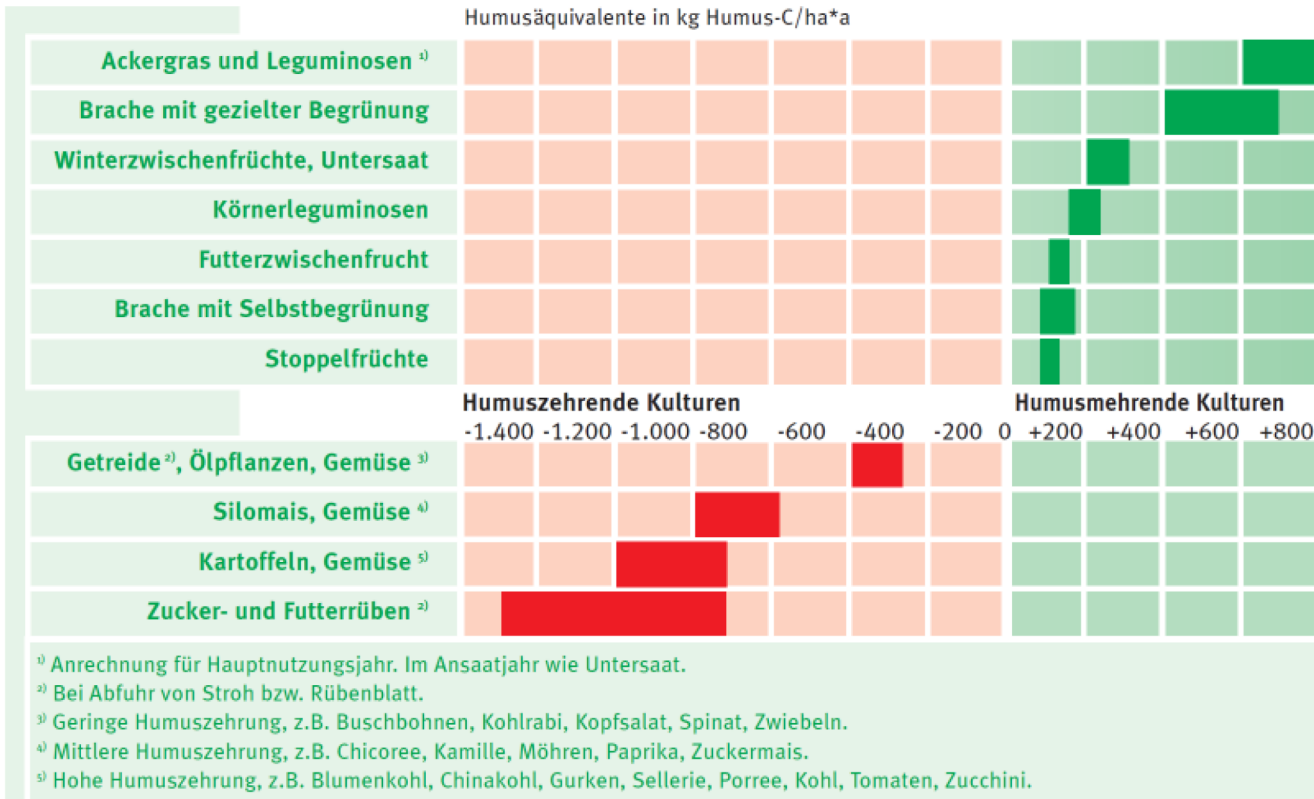
## Landwirtschaftliche Maßnahmen die den Humus erhalten und fördern:

- Ausgewogene vielfältige Fruchtfolge, Zwischenfrucht, Untersaat.
- Ausreichende Versorgung des Bodens mit organischer Substanz, durch Einarbeitung von Pflanzenresten oder organischen Düngern.
- Dem Standort angepasste Bodenbearbeitung, um Erosion und Verdichtung zu vermeiden.
- Beachtung der Grundsätze der guten fachlichen Praxis bei Düngungsmaßnahmen.
- Bedarfsgerechte Kalkversorgung: Bodenmikroorganismen benötigen einen neutralen pH-Wert.
- Grünlanderhalt



<https://www.lfl.bayern.de>

# Humusmehrende und humuszehrende Kulturen



ackerbaul. Kulturpflanzen und damit verbundene pflanzenbauliche Maßnahmen wie die Bodenbearbeitung nehmen Einfluss auf den Humusgehalt des Bodens

## Berechnung der Humusbilanz von Fruchtfolgen:

VDLUFA, 2024.  
 Humusbilanzierung – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland.

# Steuerungsfaktoren und Indikatoren

Geoderma 333 (2019) 149–162



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Geoderma

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma)



## Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales



Martin Wiesmeier<sup>a,b,\*</sup>, Livia Urbanski<sup>a</sup>, Eleanor Hobley<sup>a</sup>, Birgit Lang<sup>c</sup>, Margit von Lützwow<sup>a</sup>, Erika Marin-Spiotta<sup>d</sup>, Bas van Wesemael<sup>e</sup>, Eva Rabot<sup>f</sup>, Mareike Ließ<sup>f</sup>, Noelia Garcia-Franco<sup>a</sup>, Ute Wollschläger<sup>f</sup>, Hans-Jörg Vogel<sup>f</sup>, Ingrid Kögel-Knabner<sup>a,g</sup>

<sup>a</sup> Chair of Soil Sciences, TUM School of Life Sciences Weihenstephan, Technical University of Munich, Freising, Germany

<sup>b</sup> Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute for Organic Farming, Soil and Resource Management, Freising, Germany

<sup>c</sup> Senckenberg Museum of Natural History Görlitz, Görlitz, Germany

<sup>d</sup> Department of Geography, University of Wisconsin-Madison, 550 North Park Street, Madison, WI 53706, USA

<sup>e</sup> Georges Lemaître Centre for Earth and Climate Research, Earth and Life Institute, Université Catholique de Louvain, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

<sup>f</sup> Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Halle, Germany

<sup>g</sup> Institute for Advanced Study, Technical University of Munich, Garching, Germany

# Klimazertifikate/ Humuszertifikate



BonaRes Series 2020/1 | DOI: 10.20387/BonaRes-F8T8-XZ4H

WIESMEIER, M., MAYER, S., PAUL, C., HELMING, K., DON, A.,  
FRANKO, U., STEFFENS, M., KÖGEL-KNABNER, I.

## CO<sub>2</sub>-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen

- Agrarböden besitzen ein großes Potential zur C<sub>org</sub>-Bindung.
  - Positive Anstrengungen im Humusmanagement könnten einen Beitrag für den Klimaschutz leisten.
  - CO<sub>2</sub>-Zertifikate stellen Anreiz dar, humusfördernde Bewirtschaftungsmaßnahmen umzusetzen.
  - CO<sub>2</sub>-Zertifikate werden von privatwirtschaftlichen Initiativen und Unternehmen vergeben.
- Um zum Klimaschutz beizutragen, müssen bei der Vergabe von Zertifikaten bestimmte Kriterien eingehalten werden. Wissenschaftliche Mindeststandards werden dabei in der Praxis bislang jedoch wenig berücksichtigt.

# Zusammenfassung

- Klimawirksamkeit, Kohlenstoffkreislauf
- $C_{\text{org}}$ -Gehalt,  $C_{\text{org}}$ -Vorrat
- Messmethoden: Labor, Bodenspektroskopie, Fernerkundung
- Humusfunktionen: Wasser- und Nährstoffspeicher
- Humuspools
- Modellierung des C-Umsatzes
- 4/1000-Initiative
- Landwirtschaftliche Praktiken zur Förderung des Humusaufbaus
- Humuszertifikate

# Quellen

Ad-hoc-AG Boden (2024). Bodenkundliche Kartieranleitung, KA6. Band 1 & Band 2. Hannover. ISBN 978-3-510-96869-5

Amelung, W., Blume, H.-P., Fleige, H. et al. (2018). Scheffer/Schachtschabel. Lehrbuch der Bodenkunde. 17. Auflage, Springer Spektrum, Berlin. ISBN 978-3-662-55870-6

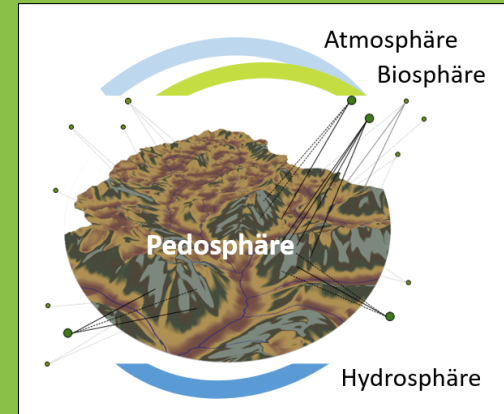


# DANKE

für die Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Mareike Ließ

WS 25/26



*Applied Sciences  
for Life*