

Gärtnern für den Umweltschutz

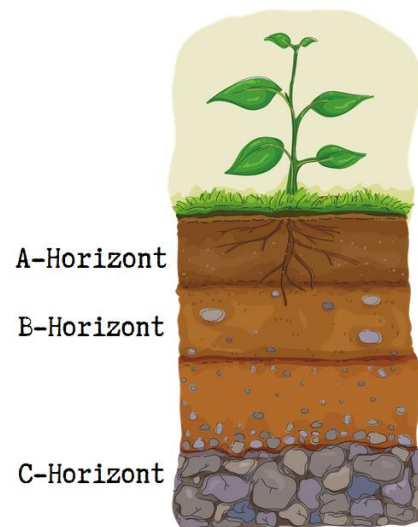
Gesunder Garten - Humus und Klimaschutz

Bodenentwicklung und Bodenhorizonte

Boden entsteht von der Oberfläche ausgehend durch Verwitterung. Wind, Regen oder auch Temperaturunterschiede (Hitze und Frost) haben großen Einfluss auf die Verwitterungsprozesse. Auf dem verwitternden Boden siedeln sich Pflanzen wie Flechten, Algen oder Moose an, die sich mit der Zeit zersetzen und die Verwitterung beschleunigen. Durch die absterbenden und sich zersetzenden Pflanzen kommt es zur Humusbildung.

Durch permanente Verwitterung und die Einwirkung von Pflanzen und Tieren zerfällt das Ausgangsgestein zunehmend zu lockerer Erde (etwa 1cm in 100 bis 200 Jahren, je nach Klima) (TLUG, 2006).

Entsprechend ist ein Bodenprofil so geschichtet, dass oben **humusreiche Erde** (A-Horizont) zu finden ist, darunter liegt der mineralische Unterboden (B-Horizont) und zuunterst das Ausgangsgestein (C-Horizont).

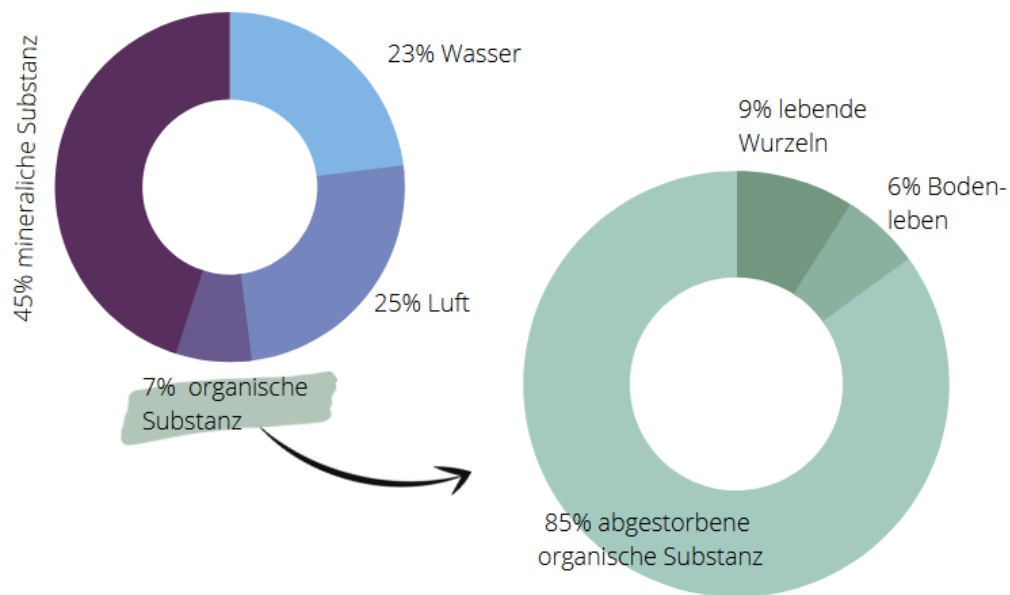


Bodenbestandteile (StMUGV, 2006)

Der Boden besteht nicht ausschließlich aus verwittertem Gestein und humusreicher Erde. Die Bodenbestandteile setzen sich unter anderem zusammen aus ca.:

- 23% Wasser
- 25% Luft
- 45% mineralischer Substanz
- **7% organischer Substanz**

In diesem Workshop haben wir uns auf die organische Substanz, genauer auf die **abgestorbene organische Substanz**, im Boden konzentriert.



© verändert nach StMUGV, 2006

Was ist Humus?

Als Humus wird „die Gesamtheit der toten organischen Substanz des Bodens“ verstanden (Amelung et al., 2018).

Die gesamte organische Substanz im Boden setzt sich zusammen aus

- Biomasse: lebendes Material im Boden (Organismen, Wurzeln, Pilze, etc.)
- Humus: abgestorbenes organisches Material (Laub, Wurzelreste, tote Insekten, Hinterlassenschaften von Tieren, abgestorbene Bakterien, Pilze, Kompost, Mist, etc.)

Humus wird weiter unterteilt in

- Streustoffe (Nicht-Huminstoffe): das sind Gewebestrukturen, die makroskopisch (also noch mit dem Auge) erkennbar sind (Kuntze et al., 1994). Sie sind weniger stark zersetzt und haben eine geringe Fähigkeit Nährstoffe zu binden (Amelung et al., 2018).
- Huminstoffe: Gewebestrukturen, die makroskopisch nicht erkennbar sind (Kuntze et al., 1994). Sie besitzen eine hohe Fähigkeit Nährstoffe zu binden (Amelung et al., 2018).

Wie entsteht Humus? (Hellberg-Rode, 2002-2004)

Humus entsteht durch die Zersetzung organischen Materials durch Mikroorganismen, Bakterien und Pilze. Dieser Prozess wird **Humifizierung** genannt und verläuft in drei Phasen:

1. Biochemische Initialphase

Diese Phase ist durch äußerliche Merkmale wie Farbänderungen des Laubs erkennbar und beginnt kurz vor und nach dem Absterben des pflanzlichen oder tierischen Gewebes. Dabei werden komplexe Strukturen in einfachere Strukturen gespalten: so wird beispielsweise Stärke (ein Mehrfachzucker) zu Zucker und Proteine in die einzelnen Aminosäuren gespalten (Hellberg-Rode, 2002-2004). Pflanzliche Ausgangsstoffe sind Kohlenhydrate (> 50%), Lignin (10% bis 40%) und Mineralstoffe. Tierische Ausgangsstoffe sind vorwiegend Proteine (Bundesverband Boden e.V., 2013b).

2. Mechanische Zerkleinerungsphase

Die Zellverbände werden von Organismen der Makro- und Mesofauna durch mechanisches Zerkleinern (Zerbeißen, Zernagen, Fressen und Ausscheiden) zerstört. Durch diesen Prozess wird das organische Material in den Boden eingearbeitet. Insbesondere Schnecken, Ringelwürmer (wie beispielsweise Regenwurm), und Gliederfüßer wie Tausendfüßler, Milben, Spinnentiere, Asseln, Springschwänze, etc. sind an diesem Schritt beteiligt (Hellberg-Rode, 2002-2004). Auch Wirbeltiere wie Mäuse und Maulwürfe sind an der mechanischen Zerkleinerung beteiligt (Bundesverband Boden e.V., 2013b).

3. Mikrobielle Ab- und Umbauphase

Nachdem das organische Material bereits zerkleinert und zum Teil verdaut wurde, zerlegen Mikroorganismen, wie Bakterien, Algen und Pilze, die organischen Verbindungen weiter. Sie finden ideale Besiedelungsmöglichkeiten auf diesen Rückständen (Bundesverband Boden e.V., 2013b). Die Rückstände werden als Energiequelle und zum Aufbau neuer Körpersubstanz genutzt (Hellberg-Rode, 2002-2004). Indem die Mikroorganismen das Material erneut verdauen, werden Huminstoffe in den oberen Bodenschichten angereichert, die dem Boden seine dunkle Färbung geben. Die Huminstoffe (organische Verbindungen) enthalten Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasser. Zudem sind an sie Nähr- und Mineralstoffe gebunden. Diese Huminstoffe werden von den Mikroorganismen weiter aufgespalten und „veratmet“. Dabei entstehen CO₂ und Wasser. Zudem werden die im organischen Ausgangsmaterial enthaltenen Nährstoffe frei, die von Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden können (Hellberg-Rode, 2002-2004; Bundesverband Boden e.V., 2013b).



© verändert nach Bundesverband Boden e.V., 2013b

Wie schnell die Zersetzung abläuft ist von den vorherrschenden Standortfaktoren abhängig: Neben Art und Menge des organischen Materials haben Temperatur, Durchlüftung des Bodens, pH-Wert und Feuchtigkeit besonders großen Einfluss (Hellberg-Rode, 2002-2004). Außerdem beeinflusst das Verhältnis von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) zueinander, das sogenannte C/N-Verhältnis, die Abbaugeschwindigkeit. Desto enger/niedriger es ist, desto schneller wird das organische Material zersetzt.

- Leicht zersetzbar: C/N-Verhältnis: 12 – 25
- Schwer zersetzbar: C/N-Verhältnis: 25 – 40
- Sehr schwer zersetzbar: C/N-Verhältnis: bis 77 (StMUGV, 2006)

Laubstreu		Nadelstreu
leicht zersetzbar	schwer zersetzbar	sehr schwer zersetzbar
Schwarzerle	Linde	Fichte
Weißerle	Eiche	Kiefer
Esche	Birke	Douglasie
Traubenkirsche	Buche	Lärche
Hainbuche	Bergahorn	
Ulme	Roteiche	
	Pappel	

© verändert nach StMUGV, 2006

Pflanzen die viel Harze, Gerbstoffe, Lignin oder Wachse enthalten sind schwer zersetzbar. So sind weiche Pflanzen wie Leguminosen oder Kräuter sehr viel leichter zersetzbar als Nadelbäume oder Zwergsträucher (Hellberg-Rode, 2002-2004). Blätter mit hohen Gehalten an Gerbstoffen, wie beispielsweise die Walnuss oder Eiche, haben bakterizide und fungizide Eigenschaften (StMUGV, 2006).

Die Funktionen von Humus

Humus beeinflusst fast alle Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen.

- **Filter**
Schadstoffe im Boden werden an Humus gebunden, wodurch Organismen vor einer Schädigung geschützt und die Auswaschung ins Grundwasser verringert oder verzögert wird. Besonders Schwermetalle werden vorwiegend an Humus gebunden (Amelung et al., 2018).



- **Nahrungsquelle**

Humus wird durch Organismen in seine Hauptbestandteile (Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Phosphor und Schwefel) zerlegt. Dabei werden nicht nur Nährstoffe für Pflanzen verfügbar, die Organismen ernähren sich zudem vom Humus. Daher ist in einem humusreichen, gut durchlüfteten Boden ein aktives Bodenleben zu finden (LfL Bayern, o.J.).

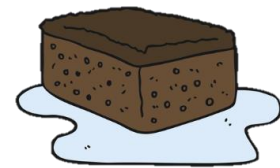


- **Speicherung von Nährstoffen**

Nährstoffe werden gut im Humus gebunden und die Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen steigt. Insbesondere sandige und tonarme Böden werden durch Humus fruchtbarer (Amelung et al., 2018). Gleichzeitig werden die Nährstoffe durch die Bindung an Humus vor Auswaschung geschützt.

- **Wasserspeicher**

Humus besitzt eine hohe Wasserspeicherkapazität. So kann er das 3- bis 5-fache seines Eigengewichts an Wasser speichern (Amelung et al., 2018).



- **Bodenstruktur schaffen**

Humus hat einen positiven Effekt auf die Bodenstruktur. Durch Bindung an Tonminerale kommt es zu stabilen sogenannten Bodenaggregaten. Dadurch wird gleichzeitig die mikrobielle Aktivität im Boden gefördert und die Böden sind weniger anfällig für Erosion (Amelung et al., 2018).

- **Porosität und Lagerungsdichte**

Durch die Bildung stabiler Aggregate haben humusreiche Böden zudem eine lockerere Struktur und eine geringere Lagerungsdichte (Amelung et al., 2018). Die lockerere Struktur fördert ebenfalls das Bodenleben und ermöglicht es Pflanzen ein ausgeprägtes Wurzelsystem zu bilden (LfL Bayern, o.J.).

- **Erwärmung des Bodens**

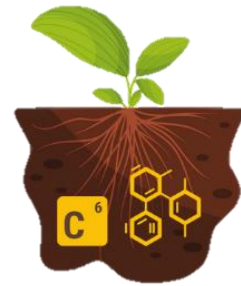
Humusreiche Böden sind dunkel gefärbt. Somit erwärmen Sie sich im Frühjahr früher. Gleichzeitig gleicht die Schicht organischen Materials Temperaturschwankungen aus und isoliert den Mineralboden (Amelung et al., 2018).

- **Pufferung**

Die im Humus enthaltenen Huminstoffe puffern größere pH-Schwankungen ab. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für viele biochemische Prozesse im Boden (LfL Bayern, o.J.).

- **Kohlenstoffsенke**

Humus besteht etwa zu 58% aus Kohlenstoff. Damit ist Kohlenstoff das mengenmäßig wichtigste Element. Der in Böden vorliegende Humus ist der größte terrestrische Speicher für organischen Kohlenstoff. Böden speichern damit fast die dreifache Menge Kohlenstoff wie die oberirdisch wachsende Vegetation und mehr als die doppelte Menge des in der Atmosphäre gebundenen Kohlenstoffs (BMEL, 2018). Somit ist Humus auch als Umschlagort von Treibhausgasen für den Klimawandel bedeutend. Umso mehr Humus im Boden vorliegt (humoser ein Boden ist), desto mehr Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist in ihm gebunden (BMEL, 2018).

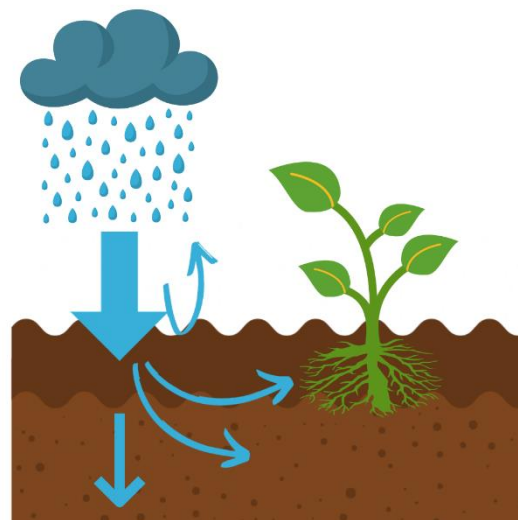


Die Kühlfunktion von Böden

Der Boden hat einen Einfluss auf das Klima, indem es einen ständigen Austausch zwischen Boden und Atmosphäre gibt. Boden kann Wasser aufnehmen, speichern und den Pflanzen zur Transpiration zur Verfügung stellen. Für die Verdunstung benötigen die Pflanzen Energie, die sie von der Sonne aufnehmen.

Die Sonnenenergie wird von den Pflanzen umgewandelt, indem der Luft Wärme entzogen wird und Verdunstungskühle entsteht. Das zur Transpiration benötigte Wasser wird mit den Wurzeln aus dem Boden aufgenommen und über die Stomata der Blätter an die Atmosphäre abgegeben. Sinkt die Menge des im Boden pflanzenverfügbaren Wassers, wird die Verdunstungsmenge reduziert und somit ist auch die Verdunstungskühlung geringer.

Beispielsweise erhitzt sich ein trockener Sandboden fast genauso stark wie ein Asphaltboden. Deshalb ist die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens wichtig für die Kühlungsfunktion des Bodens.



© Bundesverband Boden e.V., 2013a

Die Verdunstung wird entscheidend von den Bodeneigenschaften, der Vegetation, den Wetterbedingungen und dem Anteil versiegelter Flächen beeinflusst. Deshalb sind insbesondere in Städten die Böden von Grünflächen für das Stadtklima wichtig (Bundesverband Boden e.V., 2013a).

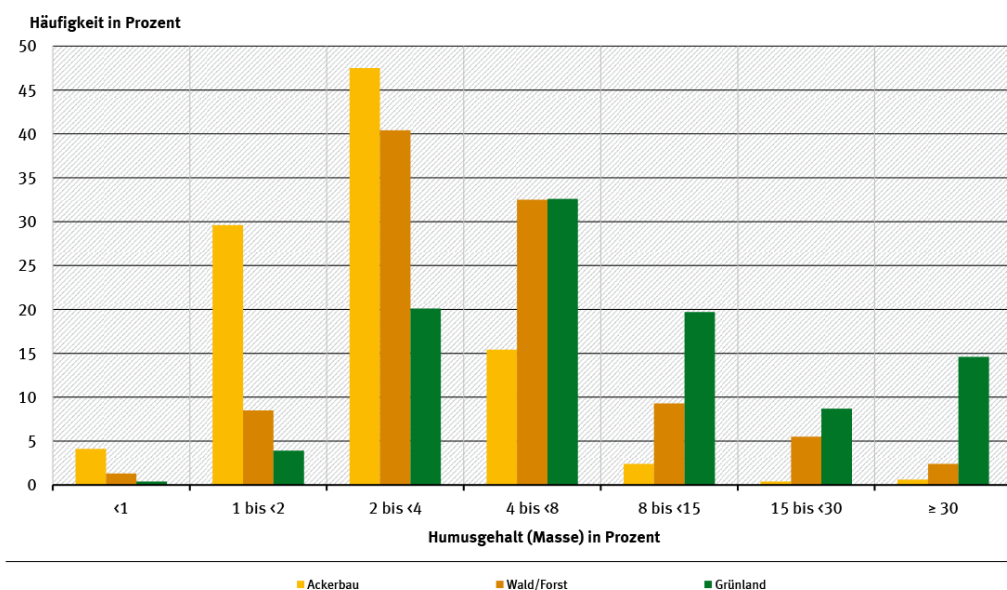
Ein Hektar Boden (10.000m²), der optimal mit Wasser versorgt ist, kann gemeinsam mit der Vegetation jährlich etwa **5.000m³ Wasser** verdunsten. Dadurch wird die Lufttemperatur um bis zu **5°C abgekühlt**. Dieser Effekt ist eine Ökosystemdienstleistung. Wird diese Kühlleistung technisch erbracht, entstehen je nach Energieträger jährliche Kosten von etwa **500.000 Euro** (Bundesverband Boden e.V., 2013a).

Böden als Senke für Treibhausgase

Nach den Ozeanen, die mit 38.000 Gigatonnen (Gt) (38.000.000.000.000 t) das größte Kohlenstoffreservoir darstellen, ist der **Boden der größte terrestrische Kohlenstoffspeicher des Klimasystems. Der Boden enthält etwa 1500 Gt Kohlenstoff**, in der oberirdischen Vegetation etwa 600 Gt und in der Atmosphäre etwa 720 Gt Kohlenstoff (Bildungsserver Hamburg, 2021). Es werden also nicht nur das Mikroklima, sondern auch das globale Klima durch die Humusgehalte beeinflusst.

Durch die Nutzungsform des Bodens kann mehr oder weniger Kohlenstoff festgelegt werden. Abhängig von der Bodennutzung unterscheidet sich der Humusgehalt im Oberboden (0cm bis 30cm Tiefe). In der folgenden Abbildung ist die Häufigkeitsverteilung der Humusgehalte in Oberböden von Ackerbau, Wald/Forst und Grünland dargestellt (UBA, 2020).

Häufigkeitsverteilungen der Humusgehalte (Klassen nach KA5)



Quelle: Dützel, O. und Utermann, J. (2008) © UBA, 2020

Diese Werte lassen sich damit begründen, dass Ackerböden ständig umgegraben werden, wenig Erntereste auf dem Feld verbleiben und somit wenig organisches Material eingebracht wird, um den Humusgehalt zu erhöhen. Grünland ist artenreich, das ganze Jahr über bewachsen und hat ein aktives Bodenleben. Daher findet sich in diesen Böden deutlich mehr Humus.

Im Oberboden (0cm bis 30cm Tiefe) befindet sich etwa 65% des Humusgehalts des Bodens, im Unterboden (30cm bis 100cm Tiefe) dagegen nur 35%. Damit ist der Humusgehalt im Oberboden bedeutender für die Bodenfruchtbarkeit. Für die langfristige Kohlenstoffspeicherung hat der Unterboden eine besondere Bedeutung. **Über tiefwurzelnde Pflanzen und grabende Lebewesen wie Regenwürmer wird Kohlenstoff in die tieferen Schichten eingebracht** (BMEL, 2018).

Wie hängen die Bodenfarbe und der Humusgehalt im Boden zusammen?

Boden bildet sich von der Oberfläche ausgehend. Organisches Material stirbt ab und reichert sich an, indem es durch Bodenorganismen zersetzt und in den Mineralboden eingearbeitet wird (Expedition Erdreich, 2020). Ein dunkler Boden lässt darauf schließen, dass mehr organisches Material, also auch Humus, im Boden vorliegt. Somit kann anhand der Bodenfarbe mittels einer Farbtafel der Humusgehalt eines Bodens abgeschätzt werden.

Ein humusreicher Boden ist üblicherweise dunkel gefärbt. Die Huminstoffe (organische Substanzen, Kohlenstoff) färben den Boden schwarz, sodass sich durch die Vermischung mit den Mineralpartikeln des Bodens die Bodenfarbe ergibt. Allerdings ist zu beachten, dass eine dunkle Farbe auch beispielsweise durch Asche oder Schlämme verursacht werden kann (Ad-hoc AG Boden, 2005).

Vereinfacht kann gesagt werden „je dunkler grau, braun oder schwarz ein Boden ist, desto mehr Humus enthält er“. Durch gemeinsames Betrachten von Bodenfarbe und Bodenart kann grob der Humusgehalt abgeschätzt werden. In Deutschland liegen die Humusgehalte der meisten Böden zwischen 1% (schwach humos) und 8% (stark humos). Bei vergleichbarer Bodenfarbe enthalten tonige Böden mehr Humus als sandige Böden, aufgrund der größeren inneren Oberfläche von Tonböden (Expedition Erdreich, 2020).

Auf Grundlage des Humusgehalts im Boden kann anschließend berechnet werden, wie viel Kohlenstoff und wie viel Kohlenstoffdioxid (CO₂) im Boden gebunden sind.



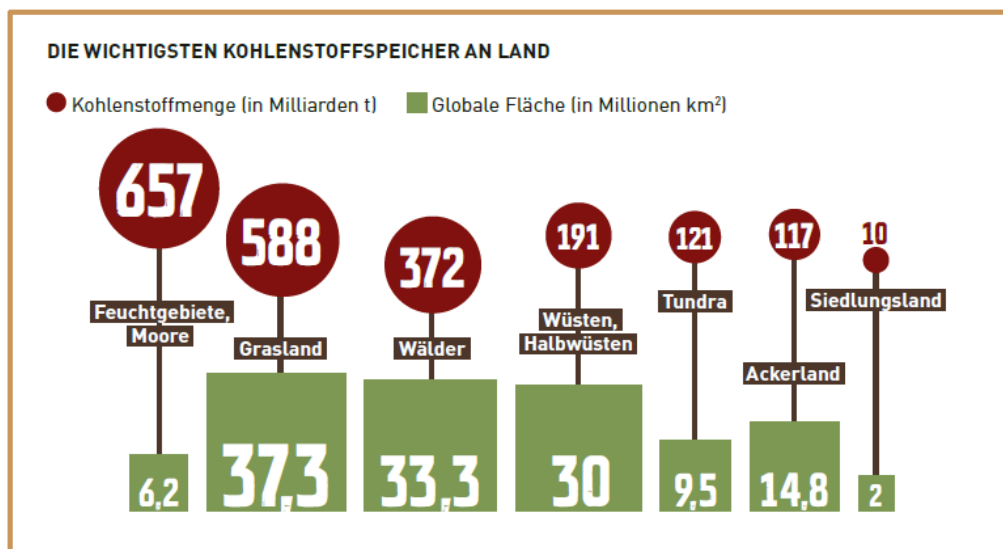
Exemplarisches Beispiel der Munsellfarbtafel zur Bestimmung der Bodenfarbe.

Im begleitenden Aktionsheft finden Sie eine Anleitung zur Humusbestimmung, eine vereinfachte Farbtafel und eine Beispielrechnung, um anhand Ihrer Bodenprobe die gebundene Menge Kohlenstoff zu berechnen.

Alternativen zu torfhaltiger Blumenerde

In handelsüblicher Blumenerde ist fast immer Torf aus Hochmooren enthalten. Torf ist eine Form von Humus, die aus abgestorbenen, wenig zersetzten Pflanzen entstanden ist. Durch bodenüberstauendes Grundwasser und Niederschläge, geringe pH-Werte, Luft- und Nährstoffmangel wurde das Pflanzenmaterial kaum zersetzt (Spektrum Akademischer Verlag, 1999). Der Prozess der Torfbildung ist sehr langsam. Es dauert gut 1000 Jahre, bis aus den abgestorbenen Pflanzen (vorwiegend Torfmoosen) eine 1m dicke Torfschicht entstanden ist (Mein schöner Garten, 2021).

In Mooren ist besonders viel Kohlenstoff fixiert: auf 6,2 Mio.km² Fläche sind dank der Moore und Feuchtgebiete 657 Mrd.t Kohlenstoff gebunden. Im Vergleich dazu sind in Wäldern auf 33,3 Mio. km² 56% des in Mooren gespeicherten Kohlenstoffs (372 Mrd. t Kohlenstoff) gebunden (Expedition Erdreich, 2020).



© Expedition Erdreich, 2020

Wird Torf abgebaut, werden Moore trockengelegt. Dabei wird einerseits das Ökosystem Moor als Lebensraum zerstört und andererseits wird durch den Abbau sehr viel Kohlenstoff an die Atmosphäre freigesetzt.

Im Gartenhandel gibt es Alternativen zu torfhaltiger Blumenerde. Diese sind an der Kennzeichnung **torffrei** oder dem RAL-Prüfzeichen zu erkennen. Verschiedene Erdenproduzenten werben mit dem Begriff **Bio**, dabei gilt aber nicht direkt bio = 100% torffrei. Daher sollte stets auf die Liste an Inhaltsstoffen geachtet werden.

Torffreie Erde besteht in der Regel aus einer Mischung organischer Materialien, wie Kompost, Holzfasern, Rindenhumus oder Kokosfasern, Ton, Lavagranulat oder Sand. Diese torffreien Alternativen müssen häufiger stickstoffbetont nachgedüngt werden (Mein schöner Garten, 2021).

	Vorteile	Nachteile
Kompost	Wird regelmäßig auf Schadstoffe untersucht; Enthält wichtigen Nährstoffe (v.a. P und K); Verbessert den Boden	Baut sich mit der Zeit selbst ab. Stoffe wie Stickstoff müssen zugefügt werden
Kokosfasern	Lockern Boden, zersetzen sich nur langsam, sind strukturstabil; Trocknet schnell an Oberfläche aus, obwohl Wurzeln feucht sind	Import ist nicht umweltfreundlich; Pflanzen werden oft zu stark gegossen; muss reichlich gedüngt werden
Rindenumus	Nimmt Wasser und Nährstoffe gut auf und gibt sie langsam ab; gleicht Schwankungen in Salz- und Düngung aus	geringes Pufferungsvermögen (Gefahr von Salzsäuren durch Überdüngung)
Holzfasern	Feinkrümelige und lockere Struktur der Erde; Düngung kann gut reguliert werden	Reduzierte Wasserspeicherfähigkeit; geringer Nährstoffgehalt

© Mein schöner Garten, 2021

Den Humusgehalt im Boden erhöhen

1) Gründüngung (Neudorff, 2021a)

Die Gründüngung ist ein Verfahren, um den Boden fruchtbarer zu machen. Dazu werden Pflanzen ausgesät, die meist bis zum Frost oder über den Winter hinaus stehen bleiben und anschließend in den Boden eingearbeitet werden. Das Einarbeiten in den Boden sorgt für eine Anreicherung des Bodens mit Humus.

Weitere Vorteile der Gründüngung sind:

- Lockerung des Bodens bis in tiefere Bodenschichten
- Schutz des Bodens vor Austrocknung und Erosion, durch starke Wurzeln
- Beim Anbau von Leguminosen wie Lupine, Wicke, Erbse oder Luzerne wird zusätzlich Stickstoff aus der Atmosphäre, durch eine Symbiose der Pflanze mit Knöllchenbakterien an den Wurzeln, im Boden fixiert

Geeignete Pflanzen sind unter anderem (Neudorff, 2021a):



© Canva Stock, 2021

	Aussaat	Winterhart	Bemerkungen
Ackerbohne	Feb. bis Juli	nein	Tiefwurzler, Stickstoffanreichernd
Futtererbse	April bis Aug.	nein	Stickstoffanreichernd
Gelbsenf	April bis Sept.	nein	schnellwüchsig, mag schweren Boden
Inkarnatklee	Mai bis Juni	ja	Stickstoffanreichernd, für leichte Böden
Lupine	April bis Aug.	nein	Stickstoffanreichernd, Tiefwurzler
Luzerne	April bis Aug.	ja	Stickstoffanreichernd, Tief-wurzler, für verdichtete Böden
Ölrettich	April bis Sept.	nein	Tiefwurzler, für verdichtete Böden
Phacelia	April bis Sept.	nein	Leicht wachsend
Sommerwicke	Juni bis Juli	nein	Stickstoffanreichernd
Tagetes	Mai bis Aug.	nein	wirkt gegen schädigende Nematoden

© Neudorff, 2021a

2) Kompost (Neudorff, 2021b)

Beim Kompostieren wird organisches Material unter Sauerstoffzufuhr durch zahlreiche Organismen zerkleinert. Umso vielfältiger die kompostierbaren Bestandteile sind, desto besser wird der Kompost.

An der Zersetzung sind Kleinlebewesen wie Regenwürmer Asseln und Tausendfüßler, sowie Kleinstlebewesen wie Springschwänze, Milben, Pilze oder Bakterien beteiligt. Auf diese Weise werden die Nährstoffe aus dem organischen Abfall wieder verfügbar. Umso mehr Organismen zu finden sind, desto schneller läuft die Zersetzung ab.



© Canva Stock, 2021

Der Prozess der Kompostierung läuft in zwei Phasen ab. Zunächst zersetzen während der **Wärmerotte** wärmeliebende Bakterien das pflanzliche Material. Dabei steigt die Temperatur im Kompost. Gleichzeitig fördert die entstehende Wärme die Entwicklung der weiteren Organismen und der Abbauprozess wird beschleunigt. An die Wärmerotte schließt sich die **Humusrotte** an. Während dieser Phase werden Lignin und Zellulose von Pilzen und Bakterien zersetzt und der typische Waldgeruch entsteht.

Optimale Bedingungen für die Kompostierung sind

- Leicht feuchtes Material (wie ein ausgedrückter Schwamm)
- Ausreichend Wärme und Sauerstoff (also gut durchlüftet)
- Ausreichend Nährstoffe durch eine Mischung aus trockenem Laub, Rasenschnitt und Küchenabfällen

Weitere Vorteile von Kompost (LWK NRW, 2014)

- Kompost liefert Humus und ist damit eine Kohlenstoffsenke
- Kompost liefert Nährstoffe
- Er erhält und fördert die Bodenstruktur
- Fördert das Bodenleben und dadurch die Bodenfruchtbarkeit
- Abbau von Umweltgiften

Was gehört auf den Kompost? (Weigelt, 2020)

In der folgenden Tabelle finden Sie einige Beispiele welche Materialien auf den Kompost gegeben werden können.

Okay	Ungünstig
Papier und Pappe (in Stücken), keine Zeitschriften	Gekochte Obst- und Gemüseabfälle, Fleisch, Fisch
Rasenschnitt (in Schichten mit Pappe)	Eier und Milchprodukte
Eierschalen (ausgespült, um keine Tiere anzulocken)	Holzasche (außer von unbehandeltem Holz)
Ungekochtes Obst und Gemüse	Von Krankheiten befallene Pflanzen(-teile)
Gehölzschnitt, Äste, Zweige in Stücke geschnitten (dünner als Fingerdicke)	Gehölzschnitt, Äste, Zweige die dicker als ein Finger sind
	Unkräuter (sie wurzeln leicht im Kompost und wachsen weiter)

3) Mulchen (Neudorff, 2021c)

Eine weitere Maßnahme um den Humusgehalt des Bodens zu erhöhen ist Mulchen. Mulchen ist das Abdecken des Bodens mit organischem Material wie Laub, Rindenmulch, Rasenschnitt oder Stroh. Das organische Material wird von Bodenorganismen zersetzt und in den Boden eingearbeitet. Auf diese Weise reichert sich der Boden mit Humus an und das Bodenleben wird gefördert, was ein zusätzlicher Nutzen ist. Die beste Zeit zum Mulchen ist im Frühjahr, wenn der Boden schon etwas abgetrocknet ist.

Weitere Vorteile vom Mulchen sind:

- Spart Hacken, der Boden unter der Mulchschicht bleibt locker
- Bodentemperatur bleibt stabiler
- Die Bodenstruktur wird verbessert
- Unkraut wird unterdrückt
- Der Boden trocknet nicht so schnell aus
- Im Mulch sind Nährstoffe enthalten. Dadurch wird Dünger gespart.



© Canva Stock, 2021

4) Terra Preta

Die Terra Preta (portugiesisch Schwarze Erde) hat ihren Ursprung in Südamerika. Die Indios nutzten bereits im 16. Jahrhundert das Prinzip, um den nährstoffarmen Boden im Amazonasgebiet fruchtbar zu machen. Terra Preta ist ein Schwarzerden-Kultursubstrat, das viel Wasser und Nährstoffe speichert. Terra Preta kann mit dem Prinzip „Abfall zu Gold“ selber hergestellt werden (Weigelt, 2020). Dabei werden die Bestandteile unter Luftabschluss fermentiert. Insbesondere die Milchsäure-Fermentation (wie bei der Sauerkrautherstellung) spielt dabei eine wichtige Rolle (Neudorff, 2021d).

Vorteile der Terra Preta (Neudorff, 2021d)

- Die enthaltene Holzkohle speichert langfristig Kohlenstoff im Boden
- Die enthaltenen Mikroorganismen sorgen für ein aktives Bodenleben
- Die Bodenstruktur wird locker
- Terra Preta kann Wasser und Nährstoffe wie ein Schwamm speichern und langsam an die Pflanzen abgeben

DIY Terra Preta



1. In einem Eimer werden kleingeschnittene Garten- und Küchenabfälle mit 10% Mengenanteil hochwertiger Holzkohle (Holzkohlestaub hat eine noch bessere Struktur, aber keine Asche nutzen) miteinander vermischt. Geben Sie zur Anreicherung von Mineralien eine Handvoll Steinmehl dazu und vermischen alles gut.
Für eine bessere Fermentation werden effektive Mikroorganismen (EM*) hinzugefügt.
2. Verschließen Sie den Eimer luftdicht und lassen alles für etwa 14 Tage bei etwa 15°C ruhen.
3. Die Mischung wird auf gelockertem und feuchtem Gartenboden ausgebreitet, der mit humusreichem Kompost (aus eigener Produktion) vermischt wurde. Anschließend wird die Fläche mit einer wasserfesten Folie abgedeckt.
Alternative: Gartenerde in einen großen Eimer geben. Allerdings ist die Ausbringung effektiver, aufgrund des Vorhandenseins der Bodenlebewesen im Freiland.
4. Nach etwa 6 bis 8 Monaten Gärzeit ist die eigene Terra Preta fertig und kann ausgebracht werden. Dabei sollte auf ein paar Zentimeter Abstand zwischen Terra Preta und Wurzeln geachtet werden, um die Pflanzen zu schonen.

* EM = Effektive Mikroorganismen sind eine Mischung aus aeroben und anaeroben Bakterienkulturen, Milchsäurebakterien und Hefepilzen. Sie können im Gartenhandel gekauft werden (© Gartenjournal, 2021)

Genutzte Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. S.110ff, 165f.
<https://www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de/carlos/B01feldbeschreibung.html>
- Amelung W. et al. (2018) Organische Bodensubstanz. In: Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3_3
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL Bayern) (o.J.). Bedeutung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit
<https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031125/>
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) (2006). Lernort Boden.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/lernort_boden/index.htm
- Bildungsserver Hamburg (2021). Boden im Klimasystem.
https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Boden_im_Klimasystem
- BMEL (2018). Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands.
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Bodenzustandserhebung.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- Bodenproben.ch (2021). Die Spatenprobe – Bodenbeurteilung im Feld. <https://www.bodenproben.ch/der-boden/die-spatenprobe/>
- Bundesverband Boden e.V. (2013a). Boden als Klimaanlage – Kühlungsfunktion.
<https://www.bodenwelten.de/content/boden-als-klimaanlage-kuehlungsfunktion>
- Bundesverband Boden e.V. (2013b). Wie entsteht Humus? <https://www.bodenwelten.de/content/wie-entsteht-humus>
- Expedition Erdreich (2020). Downloads. <https://www.expedition-erdreich.de/de/downloads-1741.html>
- Gartenjournal (2021). Effektive Mikroorganismen im Garten anwenden. <https://www.gartenjournal.net/effektive-mikroorganismen>
- Hellberg-Rode, G. (2002-2004). Zersetzung. Projekt Hypersoil. <https://hypersoil.uni-muenster.de/0/04/04.htm>
- Kraut und Rüben. Kompost Spezial. 3/08.
https://www.kompost.de/fileadmin/docs/shop/Sonderdrucke/KuR_Kompost_Sonderd_web.pdf
- Kuntze, H., Roeschmann, G. & Schwerdtfeger, G. (1994). Bodenkunde. 5. Auflage, S. 100, UTB Verlag Eugen Ulmer. ISBN 3-8252-8076
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW) (2014). Der Einsatz von Kompost lohnt sich.
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/kompost.htm>
- Mein schöner Garten (2021). Torffreie Erde: So unterstützen Sie die Umwelt. <https://www.mein-schoener-garten.de/gartenpraxis/balkon-terrasse/torffreie-erde-torffrei-gaertnern-27571#a-222391-warum-sollte-man-torffreie-blumenerde-whlen>
- Neudorff (2021a). Garten-Lexikon: Gründüngung. <https://www.neudorff.de/rat-service/gartenlexikon/gruenduengung.html>
- Neudorff (2021b). Kompostierung. <https://www.neudorff.de/pflanzenwissen/kompostierung.html>
- Neudorff (2021c). Garten-Lexikon: Mulchen. <https://www.neudorff.de/rat-service/gartenlexikon/M.html>
- Neudorff (2021d). Garten-Lexikon: Terra Preta. <https://www.neudorff.de/rat-service/gartenlexikon/terra-preta.html>
- Plantura GmbH (2021). Humus: Definition, Wirkung & alles Wichtige.
<https://www.plantura.garden/gartentipps/gartenpraxis/humus-definition-wirkung-alles-wichtige>
- Quarks (2019). So viel Kohlenstoff wird in unseren Böden gespeichert. <https://www.quarks.de/umwelt/so-viel-kohlenstoff-wird-in-unseren-boeden-gespeichert/>
- Spektrum Akademischer Verlag (1999). Torf. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/torf/67000>
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) (2006). Die Entstehung unserer Böden – eine (fast) unendliche Geschichte. <https://www.thueringen.de/imperia/md/content/tlug/boden/bodenentstehung.pdf>
- Umweltbundesamt (2020). Humusstatus der Böden. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/humusstatus-der-boeden#humusfunktionen-und-gehalte-von-boden>
- Weigelt (2020). Nebenbei Gärtnern. Stiftung Warentest, Berlin.



Abbildung Mikroorganismen

Gartenjournal (2021). Effektive Mikroorganismen im Garten anwenden.

<https://www.gartenjournal.net/effektive-mikroorganismen>

Illustrationen: Canva Stock, 2021