



DER BODEN – GRUNDLAGE UNSERES LEBENS



Kapitel 1 / Seite 02

**EINLEITUNG:
BODEN GIBT
ES ÜBERALL.**

Kapitel 2 / Seite 04

**WAS BODEN
IST - UND WIE
ER ENTSTEHT.**

Kapitel 3 / Seite 06

**DER
BODEN
LEBT.**

Kapitel 4 / Seite 10

**DIE VIELFALT
DER
BÖDEN.**

Kapitel 6 / Seite 14

**WAS SCHADET
DEM
BODEN?**

Kapitel 5 / Seite 12

**DER NUTZEN
DES
BODENS.**

Kapitel 7 / Seite 16

**WAS
FÖRDERT DEN
BODEN?**

Kapitel 8 / Seite 18

**LANDWIRT-
SCHAFT UND
BODEN.**

Kapitel 9 / Seite 21

**BODENSCHUTZ:
WOHIN GEHT
DIE ENTWICKLUNG?**



1 LANDWIRT
ERNÄHRT HEUTZUTAGE
RUND **145**
PERSONEN.

1. BODEN GIBT ES ÜBERALL.

Unsere Häuser stehen darauf, die Straßen sind darauf gebaut, Wälder und Felder gedeihen auf Boden, und wer seinen Garten umgräbt, sticht den Spaten in Boden. Boden an der falschen Stelle, etwa auf Kleidung oder an den Schuhen, ist Schmutz. Also: Boden ist im Überfluss vorhanden, und es gibt keinen einsichtigen Grund, warum wir uns um seinen Schutz besonders kümmern sollten.

Diese Sicht ist zweifellos weit verbreitet – aber sie ist falsch. Boden wird oft gering geschätzt. Dabei ist Boden die Grundlage unseres Lebens, und zwar mit Leistungen, die sich keineswegs auf landwirtschaftliche Produktion beschränken. Boden ist nicht unbegrenzt vorhanden, und Menschen gehen auch keineswegs immer pfleglich mit ihm um. Eigentlich ist es erstaunlich, dass sauberes Wasser ein selbstverständliches gesellschaftliches Anliegen ist, der Schutz von Klima – und damit vor Luft – höchste politische Aufmerksamkeit hat, der Schutz von Boden aber eine vergleichsweise geringe Rolle spielt.

Dabei sind insbesondere Landwirtschaft und fruchtbarer Boden untrennbar miteinander verbunden. In der Menschheitsgeschichte war es die landwirtschaftliche Überproduktion, die Fürsten, Priester, Beamte und Wissenschaftler ernährt hat, also Gesellschaftsgruppen, die selbst keine Agrarprodukte herstellen, diese aber zum Leben brauchen. Daran hat sich bis heute nichts geändert: Derzeit ernährt ein Landwirt in Deutschland ca. 145 Personen, und wie gewaltig der Fortschritt der Landwirtschaft war, zeigt sich daran, dass um 1900 ein Landwirt ca. 4 Personen ernährt hat.

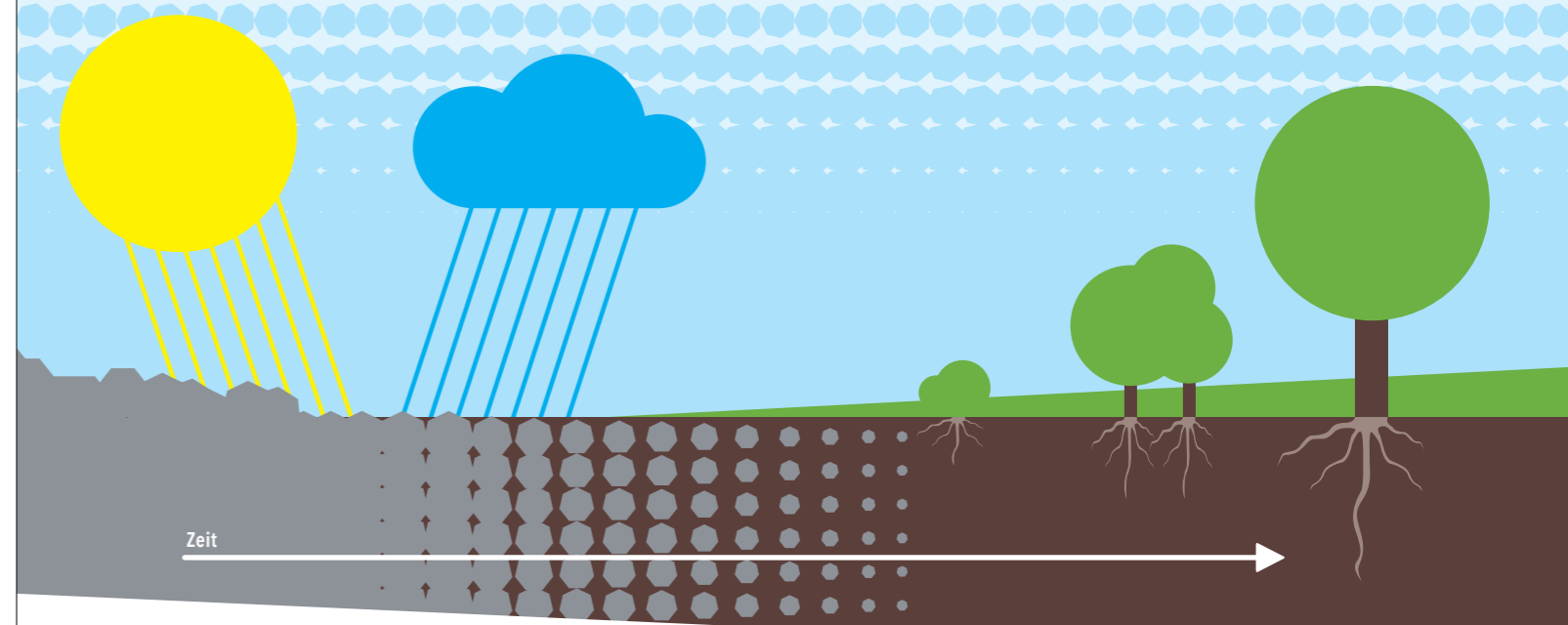
Davon handelt diese Broschüre: Was Boden ist, warum wir ihn brauchen, und wie wir ihn pfleglich behandeln können.

2. WAS BODEN IST – UND WIE ER ENTSTEHT.

Boden ist die Haut der Erde. Dieser Vergleich ist treffend, denn ebenso, wie unsere Haut den Körper nach außen abgrenzt, grenzt Boden die Erde zur gasförmigen Atmosphäre ab. Und ebenso, wie unsere Haut eine Vielzahl an Funktionen hat und wir ohne sie – oder bei starken Beschädigungen – nicht leben können, ist unser Leben ohne Boden – oder wenn er stark geschädigt ist – nicht möglich.



Um einen Zentimeter Humus zu erzeugen, werden etwa ein bis zwei Jahrhunderte benötigt.



Die Entwicklung von Gestein zu Boden im Laufe der Zeit. Gestein verwittert durch Temperaturwechsel und chemische Prozesse. Erste Pflanzen siedeln sich an. Abgestorbene Pflanzenreste bilden Humus. Bodenlebewesen lockern und durchmischen den Boden und tragen zur Bodenbildung bei. Mit der Zeit bietet der Boden auch weiteren Pflanzen genügend Wurzelraum.

Boden ist keine kompakte einheitliche Masse. Er stellt eine komplexe Mischung aus festen Partikeln, Mineralstoffen, organischer Substanz, Gasen, Flüssigkeiten und einer Vielzahl an Lebewesen dar. Etwa die Hälfte eines durchschnittlichen Bodens besteht aus einem Porensystem, das mit Luft und Wasser gefüllt ist. Dieses Lückensystem ist voller Leben – in einem Kubikmeter leben im Durchschnitt etwa 10^{13} Organismen. Nun mag man sagen, na ja, das sind ja vor allem winzige Bakterien und Einzeller, die eigentlich der Betrachtung gar nicht wert sind. Aber all diese Winzlinge produzieren zusammen eine herausragend wichtige Komponente des Bodens, den Humus. Humus ist die Gesamtheit der toten organischen Substanz des Bodens, der aus einer Vielzahl an teilweise hochmolekularen Substanzen wie Kohlenhydraten (Cellulose) oder Lignin (Grundbestandteil holziger Pflanzenteile) und anderen Stoffen besteht. Humus kann Wasser und Nährstoffe binden und bestimmt maßgeblich die Fruchtbarkeit des Bodens. Boden enthält auch eine Vielzahl von Mineralstoffen, die durch Abbau des Entstehungsgesteins oder von Humus entstehen oder von Niederschlägen eingetragen werden. Dazu gehören Stickstoff, Phosphor- oder Schwefelverbindungen, die Nährstoffe für Pflanzen sind. Durch Abbau des Muttergesteins entstehen Partikel unterschiedlichster Größe. Feinerde besteht aus staubfeinen Teilchen, Sand oder Steinchen sind größere Verwitterungsprodukte. Sie werden unter dem Einfluss von Wind, Gletschern und Wasser aus Gestein abgebaut und verlagert. Quarz, Feldspat oder Kalk sind typische Bestandteile.

Eine wichtige Eigenschaft von Boden ist, dass er einer zeitlichen Änderung unterliegt. Die beschriebenen Prozesse haben eines gemeinsam: Sie verlaufen langsam. Um beispielsweise einen Zentimeter Humus zu erzeugen, werden etwa ein bis zwei Jahrhunderte benötigt.

Löss, einer der wichtigsten Bodentypen in Deutschland für landwirtschaftliche Produktion, wurde in mehrere Zehntausend Jahre zurückliegenden Eiszeiten gebildet. Die Verwitterung von Gesteinen ist ebenso ein Prozess, der Jahrhunderte andauert. Nur in Ausnahmesituationen, z. B. bei von Flüssen angeschwemmten Böden, verläuft dieser Prozess schneller. In diesen im Vergleich zu einem Menschenleben gewaltigen Zeiträumen erscheint Boden also wie eine Konstante. Boden, der verlorengegangen ist, wächst nicht nach – Boden ist eine nicht erneuerbare Ressource!

Böden haben ein Profil, d. h. sie sind in Schichten gegliedert. Im typischen Falle folgt auf den oberflächennahen Auflagehorizont („O-Horizont“) ein humushaltiger und belebter Mutterboden („A-Horizont“), unter dem sich der durch Verwitterungsprodukte gekennzeichnete „B-Horizont“ befindet, der wiederum auf dem unverwitterten Ausgangsgestein aufliegt („C-Horizont“). Dieses einfache Grundmuster ist in vielerlei Abwandlungen zu finden.

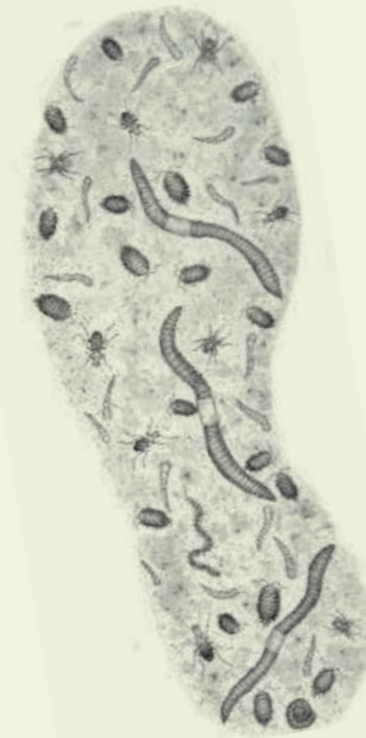
Boden ist also untrennbar verbunden mit seiner Entstehungsgeschichte, den Einflüssen, die auf ihn einwirken, den Organismen, die ihn bewohnen, und damit auch den regionalen Gegebenheiten. Das Steinchen im Boden mag von einem Strom oder Gletscher vor Zehntausenden von Jahren aus einem Gebirge antransportiert worden sein, das Staubpartikelchen stammt von eiszeitlichem Wind, ein dunkles Humusteilchen entstand vor einigen Jahrhunderten aus einer abgestorbenen Pflanzenwurzel, und Bodenbakterien und Regenwurm leben in der Jetztzeit. In einer Handvoll Boden treffen nicht nur die unterschiedlichsten chemischen und physikalischen Bestandteile zusammen, sondern auch die unterschiedlichsten Zeitalter.

3. DER BODEN LEBT.

1/4 **ALLER**
ARTEN
DIE AUF DER ERDE
LEBEN SIND
BODENBEWOHNER.

Ein Regenwurm und vielleicht hier und da eine Insektenlarve – das sind die Tiere, die dem Gärtner beim Umgraben eines Beetes begegnen. Das ist nicht viel (jedenfalls im Vergleich zur insektenbesetzten Blume nebenan), und besonders beeindruckend sehen diese Organismen auch nicht aus. Aber wie so oft beim Thema Boden: Der erste Augenschein trügt.

Die publizierten Daten zur Anzahl der Organismen im Boden haben zweierlei gemeinsam: Es sind nur grobe Schätzwerte, und sie sind gewaltig hoch. Etwa ein Viertel aller Arten, die auf der Erde leben, sind Bodenbewohner. Ein Teelöffel voll Gartenerde kann Tausende Arten enthalten, Millionen von Individuen und hunderte Meter von fadenförmigen Pilzhyphen. Regenwürmer können über eine Tonne Biomasse pro Hektar Fläche ausmachen, (was dem Gewicht von ein bis zwei Kühen entspricht), das Gewicht der Bakterien liegt in der gleichen Größenordnung, und eine Vielzahl an Kleinorganismen kommt noch dazu.



Bakterien

10¹⁴ - 10¹⁶ Individuen (m²)
100 - 700 Biomasse (g m²)

Organismengruppen

Pilze

10¹¹ - 10¹⁴ Individuen (m²)
100 - 500 Biomasse (g m²)

Milben

2 · 10⁴ - 4 · 10⁵ Individuen (m²)
0,2 - 4 Biomasse (g m²)

Algen

10⁸ - 10¹¹ Individuen (m²)
20 - 150 Biomasse (g m²)

Springschwänze

2 · 10⁴ - 4 · 10⁵ Individuen (m²)
0,2 - 4 Biomasse (g m²)

Protozoen

› Einzeller
10⁹ - 10¹¹ Individuen (m²)
6 - 30 Biomasse (g m²)

Insektenlarven

bis zu 500 Individuen (m²)
‹ 4,5 Biomasse (g m²)

Nematoden

› Fadenwürmer
10⁶ - 10⁸ Individuen (m²)
5 - 50 Biomasse (g m²)

Doppelfüßer

20 - 700 Individuen (m²)
0,5 - 12,5 Biomasse (g m²)

Regenwürmer

100 - 500 Individuen (m²)
30 - 200 Biomasse (g m²)



Ein Regenwurm vermag das 50 bis 60-fache des eigenen Körpergewichts zu stemmen und ist damit im Vergleich zur Körpergröße eines der stärksten Tiere der Welt.

Bakterien sind winzig (0,5 - 5µ m groß) und können kettenförmige oder klumpenförmige Zellverbände bilden. Sie sind eigentlich Wasserbewohner: Ihre Heimat sind die wassergefüllten Poren im Lückensystem des Bodens. Die meisten sind unbeweglich, einige können sich mit schnell zirkulierenden fadenförmigen Strukturen („Flagellen“) fortbewegen. Sie bilden oft dichte Beläge auf festen Partikeln („Biofilme“), an denen auch andere Organismen beteiligt sind und in denen komplexe Stoffwechselforgänge ablaufen, beispielsweise der schnelle Abbau von toten Pflanzenwurzeln.

Im Boden lebende Pilze haben wenig zu tun mit dem uns vertrauten großen, oberirdisch wachsenden Pilzkörper, z. B. einem Champignon. Die meisten Bodenpilze sind für das bloße Auge unsichtbar. Manche, wie viele Hefen, sind einzelne Zellen oder kleine Zellverbände. Viele Pilze durchziehen den Boden als dünne fadenförmige Strukturen, die Hyphen. Bodenpilze leben oft in symbiotischer Wechselwirkung mit Pflanzen, denen sie bei der Wasseraufnahme helfen und von denen sie als Gegenleistung mit Nährstoffen versorgt werden, die aus der pflanzlichen Fotosynthese resultieren. Diese Symbiose ist die Grundlage für das Gedeihen vieler Pflanzen – von Bäumen, Kräutern oder auch von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Hyphen sind zwar in der Regel hauchdünn, dennoch ist der größte bekannte Organismus der Welt ein Pilz: Der Hallimasch besiedelt den Boden und dringt in Holz ein. Ein einziges Individuum wurde nachgewiesen, das sich über neun Quadratkilometer erstreckt und ein geschätztes Alter von 2.400 Jahren hat!

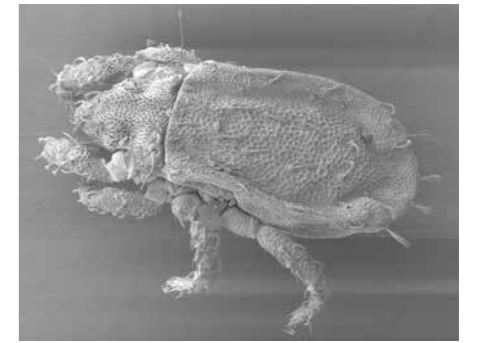
Regenwürmer sind sicher die bekanntesten Bodenorganismen, und zweifellos sind sie außerordentlich wichtig. „Den Regenwurm“ gibt es übrigens nicht – in Deutschland leben ca. 40 Arten, der größte davon, der „Badische Riesenregenwurm“, wird bis zu 60 cm lang und kommt nur im Südschwarzwald vor. Er wird bis zu 20 Jahre alt und bleibt sein Leben lang in seiner bis zu 2,5 m tiefen Wohnröhre. Regenwürmer graben sich bekanntlich durch den Boden. Dabei kann der Boden gefressen werden und als „Regenwurmhäufchen“ auf der Erdoberfläche deponiert werden. Das Ergebnis ist die Umlagerung der Erde, die „Bioturbation“, die ein wichtiges Element in der Dynamik der Bodenbildung ist. Manche Arten sammeln totes Pflanzenmaterial von der Erdoberfläche, z. B. abgefallene Blätter, die sie in den Boden ziehen. Das ist ein wichtiger Beitrag zur Humusbildung. Die Anlage eines Grabganges ist ein komplexer Vorgang. In den Tiefen des Bodens sind gewaltige Kraftanstrengungen nötig, um die Bodenpartikel auseinanderzudrängen. Hier entwickelt ein Regenwurm ungeahnte Fähigkeiten: Er spitzt sein Vorderende zu, drängt es zwischen Erdpartikel, stemmt sich mit seinem feinen, aber festen Borsten im Boden fest und verbreitert den dünnen Vorderkörper dann durch Kontraktionen seines Hautmuskelschlauchs. Er übt dabei einen gewaltigen Druck von mehr als einem Kilogramm pro Quadratzentimeter aus. Damit vermag er das 50 bis 60-fache des eigenen Körpergewichts zu stemmen und ist im Verhältnis zur Körpergröße eines der stärksten Tiere der Welt.

Diese von Regenwürmern geschaffenen Röhren sind ein bedeutender Teil des Lückensystems des Bodens, was essenziell für viele Bodenfunktionen ist. In ihm wird Wasser gespeichert, was für die Bodenfruchtbarkeit ebenso wichtig ist wie für den Hochwasserschutz. Sauerstoff dringt in den Boden, was einer Vielzahl anderer Bodentiere und sauerstoffverbrauchenden (aeroben) Bakterien die Besiedelung des Bodens erlaubt, und das wiederum fördert die Humusbildung.

Bodeninsekten und Bodenmilben

Eine gewaltige Zahl an Insekten, Insektenlarven und Milben lebt im Boden. Manche graben selbst, die Mehrzahl ist klein und lebt im Lückensystem des Bodens, z. B. in den Gangsystemen von Regenwürmern. Zu den Insekten gehören die Springschwänze, deren namensgebendes Merkmal eine gabelförmige Struktur auf der Körperunterseite ist, die schnell ausgestreckt werden kann und ein flohartiges Springen erlaubt. Milben (die zu den Spinnentieren gehören und im Gegensatz zu den sechsbeinigen Insekten acht Beine haben) besiedeln in gewaltiger Artenzahl den Boden (etwa 50.000 Arten sind beschrieben). Unter Insekten und Milben gibt es die unterschiedlichsten Lebensweisen. Viele leben von Pflanzenmaterial, von Pilzhyphen oder von Bakterien, unter den Milben gibt es zudem viele räuberische Arten.

Eine Bodenmilbe unter einem Rasterelektronenmikroskop (REM).



Damit ist die Liste der Bodenorganismen keineswegs beendet. Es gibt Rundwürmer, kleine Tausendfüßler (Doppelfüßler), Enchyträen, bodenbewohnende Einzeller und Algen sowie nicht zuletzt Maulwürfe und Wühlmäuse, die Gänge im Boden anlegen. Es ist diese ungeheure Vielfalt an Lebewesen, die vor unserem Auge verborgen ist, ohne die aber die Leistungen des Bodens nicht möglich wären, die für uns lebensnotwendig sind.

Bodenorganismen haben also eine Vielzahl wichtiger und positiver Eigenschaften. Allerdings gibt es auch kritische, denn nicht alle Bodenorganismen sind als nützlich anzusehen. Manche Nematoden, Drahtwürmer und andere Insektenlarven sind landwirtschaftliche Schädlinge. Der lebensgefährliche Wundbrand kann durch im Boden lebende Bakterien der Gattung Clostridium ausgelöst werden. Sogar die so positiv bewerteten Regenwürmer können kritisch bewertet werden – ihre Gangsysteme fördern den Gasaustausch mit der Atmosphäre und auch die Freisetzung des klimaschädlichen CO₂.





Böden können ganz unterschiedlich aussehen. Hier sieht man drei unterschiedliche Bodenprofile. links: Pseudogley aus Löss
mitte: Pararendzina
rechts: Pseudogley-Gley

4. DIE VIELFALT DER BÖDEN.

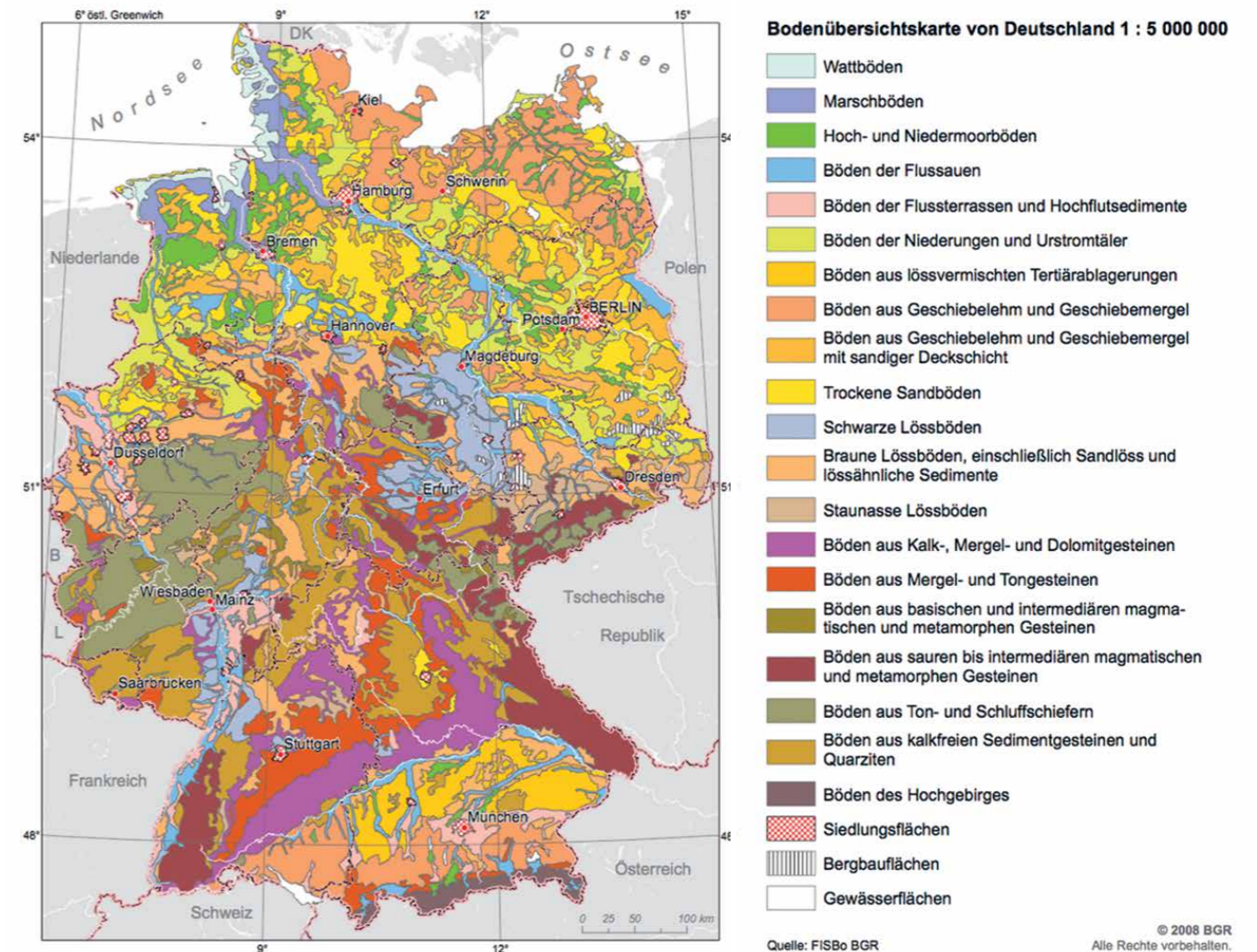
Wasser ist H₂O, es tritt als Süßwasser und im Meer als Salzwasser auf. Luft hat einen sehr konstanten Anteil an Stickstoff (78%), Sauerstoff (21%) und unter 1% an anderen Gasen. Für Boden gibt es keine einfache Formel, „den“ Boden gibt es gar nicht, es gibt nur eine Vielfalt an Böden.

Die wichtigsten Bestandteile des Bodens wurden bereits genannt. Die Vielfalt der Kombinationen dieser Bestandteile, ihre Entstehungsgeschichte, die chemischen Prozesse im Boden und die räumlichen Strukturen führen dazu, dass eine einfache, allgemein verständliche Systematik der Böden nicht möglich ist. In Deutschland wird eine Systematik verwendet, in der der Wasserhaushalt für die Definition von „Abteilungen“ eine wichtige Rolle spielt, die in 21 „Bodenklassen“ unterteilt werden (bei denen bodenbildende Eigenschaften beachtet werden). Diese wiederum werden in vielfältige „Bodentypen“ gegliedert. Drei in Deutschland wichtige Böden, die sich gerade hinsichtlich ihrer Nutzung für Landwirtschaft unterscheiden, sollen hier erwähnt werden.

Braunerdeböden haben als namensgebendes Merkmal eine Braunfärbung im B-Horizont. Diese „Verbraunung“ ist die Folge davon, dass bei Verwitterungsprozessen bräunlich gefärbtes Eisenoxid freigesetzt wird, das sich um Bodenpartikel lagert. Braunerdeböden gibt es vor allem in gemäßigten, feuchten Klimazonen. Ohne Bewirtschaftung wären Mischwälder mit Eiche, Rotbuche und Fichte die natürliche Vegetation. Für die landwirtschaftliche Nutzbarkeit spielt das Lückensystem eine wichtige Rolle. Braunerden lassen sich leicht bearbeiten und auf ihnen können in der Regel Ackerbau und Weidewirtschaft mit guten Erträgen betrieben werden.

Podsole werden auch als „Bleicherden“ oder „Grauerden“ bezeichnet. Sie sind arm an Nährstoffen und entstehen aus quarzreichen Muttergesteinen wie Granit oder aus quarzreichem Sand, z. B. Dünen sand. Da sie wenig verwitterbare Mineralien enthalten, gibt es wenig Tonmineralien und ein geringes Puffervermögen gegenüber Bodenversauerung. Auswaschungsprozesse von oberflächennahen zu tiefen Bodenschichten spielen eine wichtige Rolle. Podsole sind auf der Nordhalbkugel der Erden weit verbreitet, ihre ursprüngliche Vegetation sind Nadelwälder, etwa mit Fichte und Kiefer. Für die Landwirtschaft gehören Podsole zu den ertragsarmen Böden. Klassische Verbesserungsmaßnahmen sind beispielsweise gleichmäßige Düngergaben.

Schwarzerdeböden sind gekennzeichnet durch eine mächtige, vom Humus schwarz gefärbte Oberschicht. Sie entstehen typischerweise in Steppenlandschaften auf einer Schicht aus Löss mit grasreicher Vegetation und tiefgründiger Bioturbation durch Bodentiere. Schwarzerdeböden kommen beispielsweise in der Magdeburger Börde in Deutschland vor, sind aber auch in den Steppenlandschaften Asien und Nordamerikas weit verbreitet. Schwarzerdeböden gehören zu den weltweit fruchtbarsten Regionen, die hohe landwirtschaftliche Produktivität erlauben.



5. DER NUTZEN DES BODENS.

Worin besteht der Nutzen von Boden? Die verschiedenen Funktionen sind so vielschichtig, dass es schwer fällt, eine einfache Aussage dazu zu machen. Ein System in diese Vielfalt zu bringen kann mithilfe des „Millennium Ecosystem Assessments“ erfolgen. Dieses Bewertungsschema geht auf eine Studie der Vereinten Nationen zurück, die im Jahr 2005 veröffentlicht wurde. Sie bezieht sich in allgemeiner Form auf den Zustand der Ökosysteme und auf den Nutzen, den sie der Menschheit bringen. Boden spielt dabei eine herausragende Rolle.

Eine „Ökosystemdienstleistung“ ist demnach kurz ausgedrückt der Nutzen, den Menschen aus Ökosystemen ziehen. Er wird in 4 Kategorien eingeteilt, die wiederum in Unterkategorien gegliedert werden.

Ökosystemdienstleistungen nach „Millennium Ecosystem Assessment“ (vereinfacht)	
<p>Bereitstellende Dienstleistungen</p> <p>Nahrung, Energie, Wasser, Fasern, Arzneimittel</p>	<p>Regulierende Dienstleistungen</p> <p>Klimaschutz, Wasserqualität, Abfallbeseitigung, Schutz vor Krankheiten, Schutz vor Überflutungen</p>
<p>Unterstützende Dienstleistungen</p> <p>Bodenbildung, Nährstoffkreislauf, Erhalt der genetischen Vielfalt</p>	<p>Kulturelle Dienstleistungen</p> <p>Erholung, Naturtourismus, ästhetisches Vergnügen, spirituelle Erfüllung</p>

Die Liste der Dienstleistungen macht eines deutlich: Für eine Vielzahl bereitstellender, regulierender und unterstützender Dienstleistungen ist Boden unverzichtbar.

Bereitstellende Dienstleistungen: Die Bedeutung des Bodens bei dieser Kategorie ist offensichtlich. Nahrung, Fasern sowie Energie (in Form von Energiepflanzen) sind ohne Bewirtschaftung des Bodens durch Landwirtschaft nicht denkbar. Es ist die Basis unseres Lebens, und in absehbarer Zeit wird der Bedarf an diesen Rohstoffen weiter steigen. Weltweit gibt es nicht nur mehr Menschen, sondern auch sich ändernde Konsumgewohnheiten (z. B. zunehmender Verbrauch von tierischen Erzeugnissen). Folgende Zahlen unterstreichen die wirtschaftliche Bedeutung: In Land- und Forstwirtschaft arbeiten in Deutschland etwa 600.000 Personen; wenn man die vor- und nachgelagerten Wirtschaftsbereiche berücksichtigt, ca. 4,6 Millionen Menschen. Die Landwirtschaft erwirtschaftet über 400 Milliarden Euro pro Jahr, was einem Anteil von etwa 8% der Wirtschaftsleistung entspricht. Nicht ganz offensichtlich ist die Bedeutung des Bodens bei der Entwicklung von Arzneimitteln. Pilze der Gattungen „Streptomyces“ oder „Penicillium“ zählen zu den Bodenpilzen. Ihre Inhaltsstoffe gehören zu den wichtigsten Antibiotika, die der Menschheit zur Verfügung stehen. Penicillin und die Vielzahl der Streptomycine sind aus der medizinischen Therapie von Infektionskrankheiten nicht wegzudenken.

Regulierende Dienstleistungen: Auch in dieser Kategorie ist die Bedeutung des Bodens gewaltig. Im Klimaschutz spielt Boden eine zentrale Rolle: Der Humus besteht aus abgestorbenen Resten von Organismen – er enthält Kohlenstoff. Dasselbe gilt für die Menge der im Boden lebenden Tiere und Pflanzen. Dieser gebundene Kohlenstoff gelangt nicht als CO₂ in die Atmosphäre. Die Nutzung des Bodens spielt für die CO₂-Bilanz eine wichtige Rolle, denn sie bestimmt, ob Kohlenstoff eher freigesetzt oder eher gebunden wird.

Erosionsschutz oder die Förderung der Humusbildung tragen dazu bei, Kohlenstoff im Boden zu binden, anstatt ihn in die Atmosphäre zu entlassen. Dem Schutz vor Überflutungen dient die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, die vom Lückensystem des Bodens und der Bindungsfähigkeit von Wasser an Bodenpartikel abhängig ist. Die Wasserqualität wird durch die Bodenpassage und die damit zusammenhängende Filtration ins Grundwasser verbessert. Weiterhin werden viele (nicht alle) Abfälle durch biochemische Prozesse im Boden, vor allem durch Mikroorganismen, abgebaut.

Unterstützende Dienstleistungen: Sie sind besonders eng an die Lebewesen im Boden gebunden. Organismen sorgen mit der Humusbildung für neue Bodensubstanz. Im Nährstoffkreislauf spielen somit Pflanzen, aber auch Bodenmikroben, eine zentrale Rolle. Bekannt sind die in vielen Pflanzen symbiontisch lebenden „Knöllchenbakterien“ (benannt nach den knöllchenförmigen Strukturen von Wurzeln, in denen sie leben), die gasförmigen Stickstoff aus der Luft in für Pflanzen als Nährstoff verwertbares Nitrat umwandeln.

Kulturelle Dienstleistungen: Hier spielen Böden eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Böden werden zwar als Landschaftselement wahrgenommen, jedoch eher indirekt, weil der Bodentyp bestimmt, welche Pflanzen wachsen. Wäre die Lüneburger Heide nährstoffreicher Boden, gäbe es keine Heidelandschaften, und die Schönheit von Mooren ist unabdingbar an die Fähigkeit zu Wasserspeicherung im Boden von Hochmooren gebunden. Nicht zu vergessen ist aber die Vielfalt der archaischen Überlieferungen, die im Boden erhalten sind. Durch Ausgrabungen erhalten wir daher einen Einblick in vergangene Kulturzeiten.

Der Bodentyp bestimmt den Pflanzenbewuchs – hier eine üppige Heidelandschaft auf Moorböden.



6. WAS SCHADET DEM BODEN?

Was schadet dem Boden? Auf diese Frage gibt es eine Vielzahl fachlicher Antworten, von denen eine Reihe der wichtigsten hier genannt wird. In der Tat muss man aber feststellen: Nichts schadet dem Boden mehr als ein ungenügend ausgeprägtes Bewusstsein dafür, dass Boden geschützt werden muss.

Boden ist unter natürlichen Bedingungen einer Dynamik unterworfen. Gebirge werden unter dem Einfluss von Regen und Kälte erodiert, Humus entsteht unter dem Einfluss von Tieren und Pflanzen. Diese natürlichen Prozesse verlaufen in aller Regel langsam. Der Mensch entwickelt oft eine Dynamik der Bodennutzung, die der natürlichen nicht entspricht. Boden hat eine ausgezeichnetes Gedächtnis – mit anderen Worten: Schäden an Boden lassen sich nur schwer, manchmal gar nicht, ausgleichen. Was ist schlecht für den Boden? Das muss man wissen, wenn man Maßnahmen zu seinem Schutz ergreifen will.

Erosion: Erosion ist ein natürlicher Prozess und beschreibt im weitesten Sinne eine Materialverlagerung. Unter dem Einfluss des Klimas wird Gestein zerkleinert und Gebirge abgetragen. Man könnte auch sagen: Erosion baut Landschaftselemente an einem Ort ab, und an einem anderen Ort entstehen neue. Es kann aber dazu kommen, dass Erosion kritische Eigenschaften bekommt. Ein Beispiel, das uns allen bekannt ist, sind Landschaften, die entstehen, wenn Boden geschädigt wird. Viele Landschaften am Mittelmeer waren ursprünglich bewaldet. Die Abholzung hat eine lange Tradition – die Handelsflotten der Phönizier wurden aus Holz gebaut, das am Mittelmeer geschlagen wurde. Der Verlust der Pflanzendecke führte zum Verlust des fruchtbaren Oberflächenbodens, was wiederum Erosionsereignisse beschleunigt. Die Folgen der menschengemachten Erosion sind an diesem Beispiel besonders drastisch. Erosion spielt jedoch nicht nur in anderen Regionen der Welt eine Rolle. In Deutschland ist sie vielleicht weniger offensichtlich, aber nichtsdestotrotz relevant. Niederschläge und Wind greifen vor allem dann die Bodenoberfläche an, wenn sie nicht oder wenig von Vegetation bedeckt ist. Das ist bei manchen landwirtschaftlichen Kulturen der Fall, wie bei Mais oder Zuckerrüben.

Die Gefährdung des Bodens durch Wassererosion lässt sich mit Modellen abschätzen, in denen die verschiedenen Wirkfaktoren miteinander verbunden sind. Auf manche dieser Faktoren, wie Niederschlagsmenge oder Hangneigung, haben wir keinen Einfluss, wohl aber auf Bodenbedeckung oder die gezielte Durchführung von Erosionsschutzmaßnahmen (siehe Kapitel 8).

Versiegelung: Die Anlage von Siedlungen und Verkehrsweegen führt zur „Versiegelung“ des Bodens: Der bebaute Boden ist vom Kreislauf mit der Atmosphäre abgeschnitten. Die Versiegelung des Bodens hat sich in Deutschland seit dem Jahr 2000 zwar verlangsamt, zeigt aber vor allem bei Erholungs- und Verkehrsflächen immer noch Wachstum. Der tägliche Flächenverbrauch in Deutschland liegt bei 70 ha. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland lag im Jahr 1950 bei 2,2 Mio. ha, im Jahr 2009 mit 4,6 Mio. ha bei mehr als dem Doppelten.

Verlust von organisch gebundenem Kohlenstoff: Humus ist eine wesentliche Quelle der Bodenfruchtbarkeit, seine Neubildung erfolgt langsam, und er ist Speicher von organisch gebundenem Kohlenstoff. Verluste an Humus sind deshalb kritisch zu betrachten. Kulturpflanzen im Ackerbau lassen sich in „humuszehrende“ und „humusmehrende“ unterscheiden: Der Anbau von humusmehrenden Arten wie Klee, Luzernen oder Ackergras trägt zur Humusversorgung bei, wohingegen der Anbau von humuszehrenden Arten wie Zuckerrüben, Kartoffeln oder Silomais zum Humusrückgang führt. Hier ist das Ziel der Landwirtschaft, einen ausgeglichenen Humussaldo bei gleichzeitig hohem Ertragsniveau zu erreichen. Angepasste Fruchtfolgen, Ernterückstände und gezielte Düngung (Stallmist, Gülle, Kompost usw.) sind Ausgleichsmaßnahmen, die Humusverlust entgegenwirken.

Bodenverdichtung: Bodenverdichtung ist meist die Folge des Befahrens des Bodens mit schweren Maschinen, die hohen Druck ausüben und, wenn falsch eingesetzt, das Lückensystem des Bodens und die Lebensgemeinschaft im Boden stören. Als Folge sinkt Wasser- und Luftversorgung des Bodens, die Bewurzelung von Pflanzen wird behindert, was zu erhöhter Erosion und vermindertem Wachstum von Kulturpflanzen führen kann. Die externen Faktoren, die Bodenverdichtung verursachen, lassen sich wie folgt anführen:

- **Radlast, die für die Tiefenwirkung der Belastung ausschlaggebend ist**
- **Kontaktflächendruck; hier spielen die Reifen die zentrale Rolle**
- **Überfahrfrequenz**
- **Scherung, die Seitwärtsbewegung von Bodenpartikeln bewirkt**

Starke Niederschläge können negative Auswirkungen auf den Boden haben.
Links: Erosion durch starken Wasserabfluss
Rechts: reduzierte Tragfähigkeit des Bodens



Hier gibt es Maßnahmen, die Bodenverdichtung vermeiden. Die Radlast lässt sich beispielsweise vermindern durch eine gleichmäßige Lastverteilung auf alle Achsen, der Kontaktflächendruck durch Breitreifen, Scherung durch Befahren ausschließlich bei trockenem Boden. Generell vermindert die Zahl der Überfahrten das Risiko von Bodenverdichtung.

Chemikalienrückstände: Kontamination mit Chemikalien kann diffus erfolgen (über große Entfernungen transportierte Schadstoffe) oder lokal (oft an Standorten mit langer industrieller Vorgeschichte). Diffuse Kontamination erfolgt oft über atmosphärische Einträge, beispielsweise durch im Regenwasser gelöste Stoffe, wie im Fall des „sauren Regens“. Lokale Kontamination kann durch unsachgemäßen Einsatz von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln, falsche und lückenhafte Abfallentsorgung oder fehlerhafte Industrieprozesse verursacht werden.





2015
Internationales
Jahr des Bodens

7. WAS FÖRDERT DEN BODEN?

Was fördert den Boden? Eine Antwort kann nicht heißen, ihn nicht zu nutzen und seiner natürlichen Dynamik zu überlassen. Dazu ist unsere Verbindung zum Boden zu eng. „Fördern des Bodens“ kann nur heißen, Bodenschutz ernst zu nehmen und ihn unter Nutzung des Fachwissens zu bewirtschaften, über das wir verfügen. Das Fördern des Bodens muss als gesamtgesellschaftliche Aufgabe gesehen werden, Bodenschutz kann nicht an eine oder wenige Gruppen delegiert werden. Es gibt eine Fülle an Maßnahmen, den Boden zu schützen – das beginnt mit nationaler Gesetzgebung zum Bodenschutz, führt weiter zu den Aktionen auf Gemeindeebene vor Ort und hört auf bei den vielen kleinen Beiträgen, die jeder Einzelne leisten kann.



Der Schutz des Bodens ist Inhalt verschiedener Gesetze. Das „Bundes-Bodenschutzgesetz“ zielt auf den Schutz des Bodens und seiner Funktionen ab und wird ergänzt durch weitere Gesetzestexte. Der nachhaltige Schutz der Funktionen des Bodens, die Abwehr schädlicher Bodenveränderungen oder kontaminierender Altlasten sind Kernthemen. Auf europäischer Ebene gibt es die „Bodenrahmenrichtlinie“, die als Entwurf der Europäischen Kommission vorliegt und die Auswirkungen auf die Gesetzgebung der Mitgliedsländer der Europäischen Union hat.

Begrenzung der Versiegelung: Der steigenden Versiegelung von Böden in Deutschland steht kein entsprechendes Bevölkerungswachstum gegenüber. Damit stellt sich die Frage, ob sich der Flächenverbrauch durch Verkehrswege oder Siedlungsbau einschränken lässt. Wo lassen sich Flächen „entsiegeln“, etwa stillgelegte Straßen oder Bahntrassen wieder freilegen? Welche Brachflächen gibt es, in denen Boden gezielt gefördert werden kann? Wie kann auf ehemaligen Bergbaugebieten wieder Boden entstehen, der von Vegetation bedeckt ist und in dem sich Lebewesen tummeln?

Technische Maßnahmen stehen bei Schutz vor Kontaminationen im Vordergrund. Bei diffusen Kontaminationen ist dies beispielsweise der Einbau effektiver Filter bei Kraftwerksanlagen. Bei Autos vermindern Abgaskatalysatoren die Emissionsmenge. Bei manchen lokalen Kontaminationen sind Maßnahmen vor Ort möglich, hier ist das Industrieunternehmen ebenso gefordert wie jeder Einzelne. Auto waschen vor der Garage, chemische Unkrautbekämpfung vor der Haustür – was übrig bleibt, landet im Wasser und oft auch im Boden.

Die vielleicht wichtigste Antwort auf die Frage nach der Förderung des Bodens kommt von den Vereinten Nationen. 2015 ist weltweit „Jahr des Bodens“. Dafür gibt es gute Gründe – in vielen Regionen der Welt ist Bodenschutz weit weniger praktiziert als in Deutschland, und verschiedene Formen der Bodendegradation von Versalzung bis zur Versteppung sind gewaltige Probleme, vor allem in wärmeren Klimazonen. Die Belange des Bodens ins öffentliche Bewusstsein bringen – dazu dient eine Fülle von Veranstaltungen, Aktionen und sicher auch gezielten Programmen. Es ist zu erwarten, dass das „Jahr des Bodens“ die Grundlage schafft, um verstärkt Maßnahmen zum Schutz des Bodens in die Wege zu leiten.

8. LANDWIRTSCHAFT UND BODEN.

Landwirtschaftliche Produktion ist auf Boden angewiesen. Das erscheint als selbstverständlich, weil es unserer Erfahrung entspricht – oder geht es vielleicht doch ohne Verwendung von Boden, im Gewächshaus mit Substraten wie Kokosfasern oder Steinwolle, unter geregelten Klimabedingungen und unter Verwendung von Nährstoffpflanzen in Wasser? Zwar spielen Gewächshauskulturen eine Rolle in manchen Bereichen der agrarischen Produktion, der überwiegende Teil wirtschaftet aber auf Boden. Ressourcenschonende Landwirtschaft wird auch in Zukunft Boden benötigen.

Einige Zahlen verdeutlichen die Verbindung zwischen Boden und landwirtschaftlicher Produktion. In Deutschland werden ca. 18,2 Millionen Hektar Fläche landwirtschaftlich genutzt, pro Einwohner entspricht das 580 Quadratmeter Grünland und 1.470 Quadratmeter Ackerfläche. Etwa die Hälfte der Gesamtfläche Deutschlands ist demnach Landwirtschaftsfläche (gefolgt von Forst mit ca. 30% und Siedlungs- und Verkehrsfläche mit ca. 13%). Landwirtschaft beansprucht also den größten Flächenanteil Deutschlands, und deshalb spielt sie beim Thema Bodenschutz eine herausragende Rolle. Landwirtschaft nutzt Boden, sie beeinflusst ihn, und es ist ihre Aufgabe und in ihrem eigenen Interesse, ihn zu pflegen.

Bodenuntersuchungen sind ein Element guter landwirtschaftlicher Praxis. Die Vielfalt der Böden macht es nötig, über die Bodeneigenschaften in einem landwirtschaftlichen Betrieb genau Bescheid zu wissen. Oft sind es kleinräumige Areale, in denen eine bestimmte Bodenart vorkommt – wenige Meter daneben kann es eine andere sein. Voraussetzung einer guten fachlichen Bodenbewirtschaftung ist, die Eigenschaft der Böden zu kennen. Bodenuntersuchungen geben Auskunft über die Eigenschaften eines Bodens vor Ort. Aus ihnen lässt sich ableiten, welche Nutzungsformen sinnvoll sind und welche Maßnahmen zu Pflege des Bodens nötig sind. Nährstoff- und Humusgehalt, Eigenschaften des Lückensystems (Wasser- und Luftgehalt), Korngrößenverteilung und andere Parameter gehören zum Standard der Bodenuntersuchung. Stickstoff oder Phosphatgehalt gehören bei landwirtschaftlich genutzten Böden zu den Kenngrößen, auch Kalium- und Magnesiumgehalt oder pH-Wert. Diese und andere Ergebnisse werden benötigt, um Bodenschutz zu betreiben, beispielsweise um die korrekte Düngung vorzunehmen.

Vermeidung von Bodenverdichtung kann durch verschiedene technische Maßnahmen erfolgen. Eine wichtige Maßnahme ist, dass der Kontaktflächendruck zwischen Maschinen und dem Boden verringert wird, was etwa durch Breitreifen, verminderte Radlast, weniger Überfahrten und Verringerung der befahrenen Fläche durch Anlage von Fahrgassen erreicht werden kann. Die Förderung von Bodenlebewesen wirkt der Bodenverdichtung ebenfalls entgegen. Der Anbau von Zwischenfrüchten, der Verbleib von Ernteresten auf der Fläche und gezielte Fruchtfolge fördern die Vielfalt der Bodenorganismen.

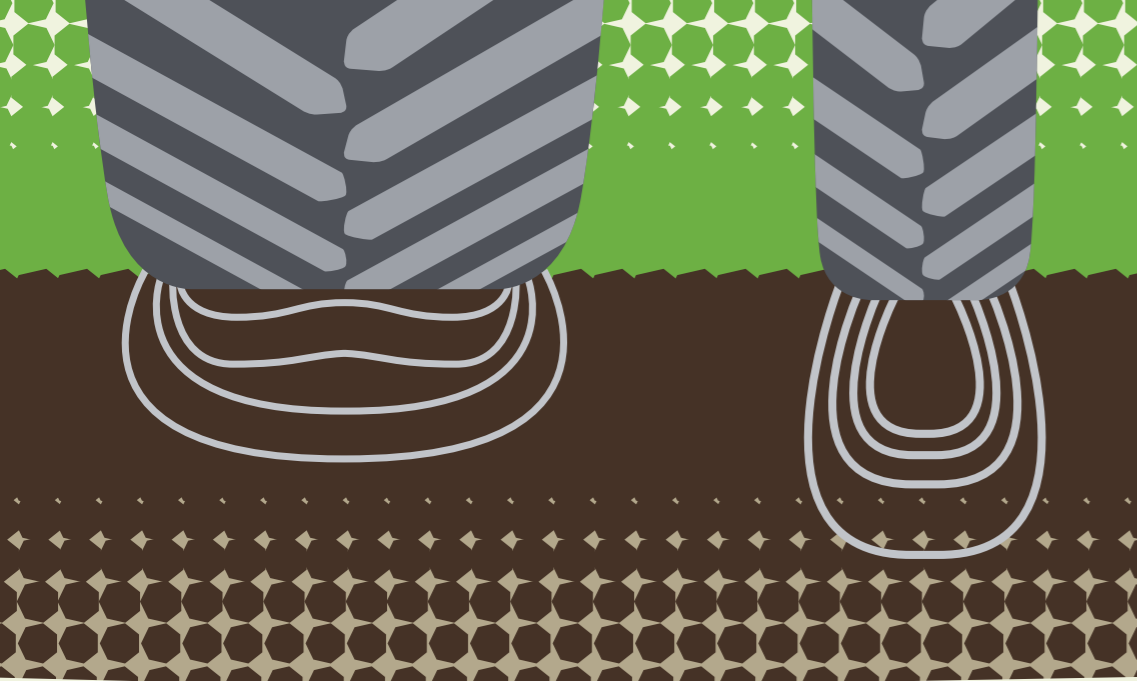
Zum Erosionsschutz tragen vielfältige Maßnahmen bei. Möglichst ganzjährige Bodenbedeckung gehört dazu, wobei Zwischenfrüchte und Untersaaten eine wesentliche Rolle spielen. Bei Hanglagen sind Pflugstreifen parallel zu Hangneigung wichtig, Gehölze, Hecken und Feldrain unterbinden Erosion durch Wind und Wasser. In Anhängigkeit vom Bodentyp kann konservierende Bodenbearbeitung (Verringerung von Pflügen, Mulchsaat) sinnvoll sein.

Zur Förderung der Humusbildung sind Bodenlebewesen unerlässlich. Dazu tragen je nach Region und Bodentyp verschiedene Maßnahmen bei: Regenwürmer werden gefördert, indem weniger gepflügt wird und ihnen über Zwischenfrüchte mehr Nahrung zur Verfügung steht. Humusmehrende Kulturen in der Fruchtfolge, wie Klee oder Luzerne, tragen zur Humusbildung bei, weil stickstoffbindende Bakterien in ihren Wurzeln leben.

Der Region und der Bodenart angepasste Fruchtfolgen sind von zentraler Bedeutung. Fruchtfolgen werden von Standortbedingungen und wirtschaftlichen Notwendigkeiten bestimmt. Welche Kulturen passen zu welchen Bodentypen, welchem Klima und welcher Wasserversorgung und erfüllen gleichzeitig ökonomische Kriterien und die der Nachhaltigkeit? Als Regel kann gelten, dass vielfältige Fruchtfolgen für den Boden förderlich sind. Gerade die Fruchtfolge ist abhängig von gesamtgesellschaftlichen Rahmenbedingungen, zu denen auch gezielte Fördermaßnahmen zählen, etwa zum Anbau nachwachsender Rohstoffe oder in Form von Agrarumweltmaßnahmen zur Förderung biologischer Vielfalt.



Etwa
52% der Fläche
Deutschlands wird
landwirtschaftlich
genutzt.



Die Linien, auch Druckwiebel genannt, machen deutlich, dass das Gewicht der Maschinen mit breiten Reifen besser verteilt und der Boden nicht so tief verdichtet wird.

Konservierende Bodenbearbeitung kann einen wesentlichen Beitrag leisten. Das Pflügen gehört zur klassischen landwirtschaftlichen Praxis und ist ein jahrtausendealtes Element agrarischer Landbewirtschaftung. Die Erfindung des Pfluges und die Entwicklung der verschiedenen Formen des Pflügens hat die kulturelle Entwicklung Europas geprägt – davon war der Ertrag der Landwirtschaft abhängig. In der Tat hat Lockern und Wenden der Ackerkrume wichtige Vorteile. Dazu gehören u. a. eine bessere Sauerstoffzufuhr, das Unterdrücken von Unkräutern und die Einarbeitung von Ernterückständen. Aber Pflügen kann auch Nachteile haben. Erosion kann gefördert werden, manche Bodenorganismen, z. B. Regenwürmer, werden geschädigt. Deshalb verliert der Pflug vielerorts an Bedeutung. Konservierende Bodenbearbeitung verwendet ebenfalls Maschinen, z. B. Grubber und Scheibeneggen, die aber als „nicht-wendend“ bezeichnet werden und den Boden nur in oberflächennahen Bereichen bearbeiten. Etwa ein Drittel der landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland verzichtet mindestens zuteilweise auf Pflügen. Bei der Entscheidung darüber, welche Form der Bodenbearbeitung die sinnvollste ist, gibt es allerdings keine einfache Patentlösung. Es gilt auch hier, die vielfältigen Faktoren vor Ort zu berücksichtigen.

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist im „Pflanzenschutzmittelgesetz“ geregelt. Ein Mittel kommt auf den Markt, wenn es eine gültige Zulassung hat. Zulassungsstelle in Deutschland ist das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Auf europäischer Ebene werden Wirkstoffe bewertet, andere nationale Behörden sind eingebunden, beispielsweise nimmt das Umweltbundesamt die Umweltrisikobewertung vor. Die Zulassung ist mit detaillierten Anwendungsbestimmungen und Auflagen verbunden, die der Anwender einhalten muss, z. B. maximale Aufwandmengen oder das Kulturrenspektrum, für das ein Mittel zugelassen ist.

Das „Düngegesetz“ regelt das Inverkehrbringen von Düngemitteln und auch das Düngen selbst. Die Bodenfruchtbarkeit ist wesentliches Ziel der Düngung, Rechtsvorschriften können zum Schutz von Gewässern vor Einträgen von Nitraten erlassen werden. Dazu können z. B. die Zeiträume gehören, in denen das Ausbringen bestimmter Düngemittel in landwirtschaftlichen Flächen verboten ist, oder Vorschriften zum Aufbringen von Düngemitteln auf stark geneigten landwirtschaftlichen Flächen.

Im ökologischen Landbau spielen weitgehend geschlossene betriebliche Kreisläufe eine wesentliche Rolle. Pflanzliche Nährstoffe sollen möglichst auf eigener Betriebsfläche erzeugt werden. Im ökologischen Landbau wird möglichst auf synthetische hochmolekulare Pflanzenschutzmittel verzichtet, stattdessen spielen Naturstoffe eine wesentliche Rolle. Ökologisch wirtschaftende Betriebe müssen sich mindestens einmal pro Jahr einer Kontrolle unterziehen. In Deutschland wurden 2012 6,2% der Agrarfläche ökologisch bewirtschaftet.

Bodenschutz ist demnach tief in der landwirtschaftlichen Praxis verankert. Auch hier gibt es wissenschaftliche Neuerkenntnisse, technischen Fortschritt und sich ändernde rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen. Bodenschutz ist nicht über die Jahre gleichbleibend – im Gegenteil: Neue Kulturen, Techniken und Bewirtschaftungsweisen erfordern, dass Methoden und Konzepte des Bodenschutzes weiterentwickelt werden. Ebenso gilt, dass einfache Patentrezepte nicht greifen. Entscheidungen müssen auf der Grundlage der Verhältnisse vor Ort getroffen werden, hier spielen Bodenarten eine Rolle, aber auch die vielschichtigen anderen ökologischen sowie ökonomischen und sozialen Gesichtspunkte.

9. BODENSCHUTZ: WOHIN GEHT DIE ENTWICKLUNG?

Bodenschutz ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Forschung führt zu neuen Erkenntnissen, Siedlungs- und Straßenbau fordern Fläche, Gesetze und politische Förderungsmaßnahmen wirken steuernd ein. Landwirtschaft ist der flächenmäßig größte Bodennutzer in Deutschland und hat deshalb besondere Bedeutung für den Bodenschutz.

Landwirtschaft bietet Freiräume für Innovationen. Werden in Zukunft fahrerlose kleine Geräte, über GPS oder Funk gesteuert, große Maschinen ersetzen? Das wäre ein Weg, um beispielsweise Bodenkompaktierung zu vermindern. Können sie, wie jetzt schon bei „Precision Farming“ praktiziert, auf Kleinflächen innerhalb von Äckern noch zielgenauer Düngemittel und Pflanzenschutzmittel ausbringen? Das wäre ein Beitrag zur Verminderung der auszubringenden Produktmengen. Welche Kulturpflanzen und -sorten gewinnen oder verlieren an Bedeutung? Das könnte zu Ertragssteigerung auf dem vorhandenen Landwirtschaftsflächen führen oder zur Erweiterung von Fruchtfolgen. Wie sieht die Flächennutzung der Zukunft aus? Wenn die Agrarlandschaft in ihrer Gesamtheit, also auch die nicht bewirtschaftete Fläche, in den Mittelpunkt der Betrachtung kommt, kann das ein Weg sein, um die Vielfalt der Landschaft und damit den Schutz der Böden zu fördern. Landwirtschaft kann in Zeiten globaler Märkte nicht nur unter nationalen Gesichtspunkten betrachtet werden – wie entwickeln sich die Weltmärkte, welche Bedeutung haben steigende Bevölkerungszahlen und sich ändernde Ernährungsgewohnheiten in anderen Kontinenten? Import und Export von landwirtschaftlichen Produkten haben in Deutschland einen hohen Stellenwert, und das wirkt sich auf die nationale Agrarproduktion aus.

Bodenschutz hängt mit den ganz großen Themen der landwirtschaftlichen Produktion zusammen. Er geht damit jeden an, auch wenn dies nicht immer offensichtlich ist. Und jeder kann dazu beitragen. Das beginnt mit dem Flächenverbrauch auf Gemeindeebene und führt bis zur entsprechenden Pflege im eigenen Garten.

Das „Jahr des Bodens 2015“ spielt eine wesentliche Rolle, weil die Bedeutung des Bodens für uns alle – für Ernährung, Klimaschutz, Wasserhaushalt und viele andere Dienstleistungen, die Boden für uns erbringt – verstärkt in die öffentliche Aufmerksamkeit gelangt.

Weiterführende Literatur

- 1.**
Auf dem Boden der Tatsachen:
Bodenproduktion und nachhaltige Entwicklung in Europa.
UNEP Umweltthemen No. 16.
- 2.**
GR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: <http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung...>
- 3.**
Bodendaten in Deutschland. Umweltbundesamt 2012.
- 4.**
Bodenschätzung. www.fhbk.de (Vermessungstechniker) .../
bodenschaetzung.doc.
- 5.**
Bodenschonende Landwirtschaft.
<http://www.bodenwelten.de/content/...>
- 6.**
Bodenverdichtungen vermeiden. www.umwelt.nrw.de
- 7.**
Das weltgrößte Lebewesen. https://www.planet-wissen.de/natur_technik/pilze/gift_und_speisepil...
- 8.**
Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft.
<http://www.dbges.de/>.
- 9.**
Die Böden Deutschlands. Ein Reiseführer.
Umweltbundesamt, 2010.
- 10.**
Gute fachliche Praxis Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz.
<http://shop.aid.de/3614/gute-fachliche-praxis-bodenbewirtschaftung...>
- 11.**
Humusversorgung von Ackerböden nimmt ab. Kompost.de/.../
Humusversorgung_von_Ackerboeden_nimmt_ab.
- 12.**
Schutz von Bodenerosion in der Landwirtschaft. <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12339.htm>.
- 13.**
Situationsbericht – Deutscher Bauernverband eV 2013/2014.
<http://www.bauernverband.de/21>.
- 14.**
Struktur der Flächennutzung. <http://www.umweltbundesamt.de/daten/flaechennutzung/struktur-de...>
- 15.**
Blum, W. E. H.: Bodenkunde in Stichworten. Gebr. Borntraeger Verlag, Stuttgart, 2012.
- 16.**
Martin, K.; Sauerborn, J.: Agrarökologie. Ulmer Verlag, 2006.
- 17.**
Scheffer, F.: Lehrbuch der Bodenkunde.
Spektrum Akademischer Verlag, Berlin 2002
- 18.**
Stahr, K.; Kandleo, E.; Hermann, L.; Strecke, T.: Bodenkunde und Standortlehre. Ulmer Verlag, 2008.

Bildnachweis

- Vorderseite**
© Suze, Photocase
- Umschlag Innen**
© 2nix Studio, Stockphoto
- Seite 2**
© zianlob, iStock
- Seite 4**
© Christoph Künast
- Seite 6**
© sivivolk, shutterstock
- Seite 8**
© So happy, fotolia
- Seite 9**
Oben rechts: © BASF SE
Unten: © Bildagentur Zoonar GmbH, shutterstock
- Seite 10**
© Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Seite 11**
© FISBo BGR
- Seite 13**
© Daniel J. Rao, shutterstock
- Seite 15**
© C.Mühlhausen, LANDPIXEL
- Seite 16**
© BMEL
- Seite 17**
© C.Mühlhausen, LANDPIXEL
- Seite 19**
© i.m.a. – informationen.medien.agrar e.V.

Impressum

Herausgeber
Fördergemeinschaft Nachhaltige Landwirtschaft e.V. (FNL)
Wilhelmsaue 37, 10713 Berlin
Telefon: +49 30 88 663 55 0
Telefax: +49 30 8 663 55 90
info@fnl.de
www.fnl.de

Geschäftsführer
Dr. Anton Kraus (V.i.S.d.P.)

Autor
Prof. Dr. Christoph Künast (Eco-System Consulting)

Redaktion
Jan Menden

Gestaltung
MüllerValentini GbR
Konzeption & Gestaltung
www.muellervalentini.de
Berlin

Druck
Druckzuck GmbH
Reichenberger Straße 124
10999 Berlin

Gedruckt auf
Umschlag: Tauro Offset 300 g
Innenseiten: Tauro Offset 150 g



