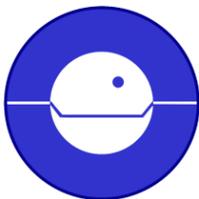


JuniorAkademie Adelsheim

13. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2015



Astronomie



Bodenkunde



Digitaltechnik



**Kulturgeschichte/
Medienwissenschaft**



Physik



TheoPrax

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2015**

**13. Science Academy
Baden-Württemberg**

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2015:

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2
76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 926 4454
Fax.: (0721) 933 40270
E-Mail: georg.wilke@scienceacademy.de
petra.zachmann@scienceacademy.de
www.scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 13. JuniorAkademie Adelsheim 2015 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Druck und Bindung: RTB Reprinttechnik Bensheim
Copyright © 2015 Georg Wilke, Petra Zachmann

Vorwort

Dieses Jahr fanden sich wieder 72 Schülerinnen und Schüler sowie Leiter, Mentoren und die Leitung zur mittlerweile 13. JuniorAkademie Baden-Württemberg in Adelsheim ein.

Die Akademie beginnt mit dem Eröffnungswochenende und findet durch das Schreiben der Dokumentation an einem Wochenende im Herbst ihren Abschluss. Im Sommer nennen wir zwei Wochen lang das Landesschulzentrum für Umwelterziehung auf dem Eckenberg unser Zuhause.

Zwischen dem Eröffnungswochenende und dem Dokumentationswochenende durchleben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Entwicklung nicht nur in fachlicher, sondern auch in persönlicher Hinsicht. Sie bekommen einen Einblick in wissenschaftliches Arbeiten und setzen sich intensiv mit ihrem Kursthema auseinander. Die Arbeit im Kurs stellt für sie eine Herausforderung dar, an der ihre Persönlichkeit reift.

Während des Sommers wachsen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu einer großen Gemeinschaft zusammen. Auf dem Campus herrscht eine unbeschreibliche Atmosphäre, die einen durch die Akademiezeit trägt.

Symbolisiert werden diese Entwicklungen durch ein Motto. In diesem Jahr betrachteten wir einen Baum, der für verschiedene Aspekte der Akademie steht. Am Jahresanfang ist der Baum noch kahl. Für die Teilnehmer ist alles neu und unbekannt, und sie kennen sich noch nicht. Indem sie sich auf ihre Weise im Kurs oder bei kursübergreifenden Angeboten engagieren und die Akademie gestalten, geben sie dem Akademiebaum Nährstoffe, sodass er Blätter, Äste und Früchte bilden kann. Diese können wir ernten und mit in die Zukunft nehmen. Die geschlossenen Freundschaften, neuen Interessen und schönen Erinnerungen werden uns noch lange prägen.



Während der Akademie begleitete uns ein Baum aus Holz, an den Erlebnisse angepinnt werden konnten. Um den Akademiebaum zum Leben zu erwecken, wurde am Dokumentationswochenende ein Mispelbaum auf dem Eckenberg gepflanzt. Der „reale“ Baum wird wachsen, Wurzeln schlagen und Früchte tragen – selbst wenn die gemeinsame Zeit zu Ende ist. Auch für die folgenden Akademiegenerationen wird der Baum sich weiterentwickeln – und wer weiß, vielleicht treffen wir einen von euch dort wieder.

Aber jetzt wünschen wir euch viel Spaß beim Lesen, Schmökern und Erinnern!

Eure/Ihre Akademieleitung



Anna Kandziora (Assistenz)



Maybritt Schillinger (Assistenz)



Georg Wilke



Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – ASTRONOMIE	7
KURS 2 – BODENKUNDE	27
KURS 3 – DIGITALTECHNIK	55
KURS 4 – MEDIEN	71
KURS 5 – PHYSIK	97
KURS 6 – THEOPRAX	117
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	131
DANKSAGUNG	147

Kurs 2 – Boden, ist das wirklich alles Dreck?



Vorwort

LUCAS WOLLENHAUPT, SILAS NÄGELE,
PATRICIA KEPPLER

Wenn Sie bei einem Spaziergang nicht nur die Landschaft, die Bäume, die Wiesen und Blumen betrachten, sondern den Blick auch tiefer schweifen lassen und genauer betrachten, worauf wir gehen und stehen, dann könnten Sie wohl zu unseren Teilnehmern gehören.

Der Boden lag im Zentrum unserer Kursarbeit und hat uns immerhin zwei Wochen beschäftigt und fasziniert. Vor allem wollten wir verstehen, wie das Ökosystem Boden funktioniert und aufgebaut ist, und auch, welche Umweltfaktoren den Boden beeinflussen und ihn in seinen Eigenschaften charakterisieren.

Wir gingen der Bedeutung des Bodens für uns Menschen auf den Grund und untersuchten unseren Boden bis ins kleinste Detail. Wir beschäftigten uns mit der Frage, wie wir unseren

wertvollen Boden behandeln sollten, um ihn für noch viele folgende Generationen fruchtbar und nutzbar zu halten. Natürlich untersuchten wir auch die Bewohner dieses faszinierenden Lebensraumes und fragten uns, welche Leistungen sie wohl für uns erbringen. Welches Jahr hätte sich dafür besser angeboten, als das „Internationale Jahr des Bodens“, das wir in diesem Jahr zelebrieren?

Aber wie eine Akademie so ist, gab es neben dem Kurs noch genügend, über das man viele kleinere und größere Geschichten erzählen könnte. Die folgenden Seiten können hier nur einen groben Eindruck vermitteln, mehr erzählen und erklären könnten wir immer. Für uns war dieser Kurs der Erste, den wir gestalten durften, und ohne große Umschweife können wir sagen, dass wir auf die Leistung unserer Teilnehmer stolz sind!

Und nun wünschen wir Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Unser Kurs

SARAH WETZEL, ZOÉ KLAIBER

Silas, unser Kursleiter, erklärte uns selbst schwere Inhalte immer so, dass wir sie alle verstehen und nachvollziehen konnten. Auch am Ausflugstag gab er uns zahlreiche Informationen zu den Pflanzen auf Feldern und Wiesen. Mit Hilfe von Schwamm und Kehrschaufel sorgte er für eine immer perfekt geputzte Tafel.

Patricia, unsere Kursleiterin, darf trotz ihrer kleinen Körpergröße auf keinen Fall unterschätzt werden! Sie hat einiges auf dem Kasten und erklärte uns auch die kompliziertesten Dinge mit Bravour. Besonders hervorzuheben sind dabei ihre genauen Skizzen, die sie zur Veranschaulichung anfertigte. Ihr Defizit an Körpergröße glich sie mit ihren unverwechselbaren Holz-Clogs mit Ziegenfell aus, die sie mit den 5 cm hohen Absätzen um einiges größer erscheinen ließen. Sie hatte immer gute Laune und stand uns zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite.

Lucas, unser Schülermentor, führte uns mit vielen Sprüchen und starker Motivation zu einem hervorragenden 2. Rang beim Sportfest. Man kann eindeutig sagen, dass er den höchsten Chipskonsum von uns allen hatte. Wenn Lucas jedoch in seinen Professorenmodus schaltete und uns mathematische und physikalische Begriffe oder Zusammenhänge erklärte, war es manchmal ziemlich schwer, ihn zum Lachen zu bringen oder wenigstens zu stoppen.

Lisa brachte uns mit ihrem sympathischen schwäbischen Dialekt des Öfteren zum Schmunzeln. Sie ist aufgeweckt und lernbegierig, was sich unter anderem dadurch zeigte, dass sie eine ganze Zeit lang verzweifelt auf der Suche nach jemandem war, der ihr sagen konnte, welche Art von Baum wohl im Schulgarten wächst.

Louisa, immer in der Lage, uns durch ihr episches Kampfgebrüll zu heroischen Taten zu motivieren, war stets gut gelaunt und hatte immer einen witzigen Spruch auf Lager. Sie hatte für jeden ein offenes Ohr und trat allen Herausforderungen frohen Mutes entgegen.

Judith war mit Abstand die Größte in unserem Kurs. Ihr Markenzeichen sind ihr Zopf und ihre offene und freundliche Art. Sie war der Ruhepol unseres Kurses und sorgte mit ihrer ruhigen Art für ein ausgeglichenes Kursklima.

Jens, unser Rhetorikspezialist. Mit seiner konstruktiven Kritik sorgte er dafür, dass unsere Abschlusspräsentation nicht den kleinsten Fehler beinhaltete. Auch er selbst hielt gerne schön formulierte Reden und beteiligte sich sehr aktiv am Kurs.

Nico, unsere Spaßkanone, war immer mit großer Leidenschaft dabei, egal ob im Kurs oder beim Sportfest. Dort leitete er unser Wikingerschiff als unser Kapitän sicher ans andere Ufer.

Von ihm stammt außerdem unser Schlachtruf: „Fight like Famous Amos!“ Abends beim Improtheater hatten wir dank Nico immer etwas zu lachen.

Luca strahlte stets Ruhe und Gelassenheit aus. Wenn er nicht gerade ein Nickerchen im Schulgarten machte, half er uns mit seinen durchdachten und aussagekräftigen Beiträgen immer dann, wenn der Rest gerade nicht weiterkam. Gerade wenn man nicht damit rechnete, hatte er einen scharfsinnigen Kommentar parat.

Tim, laut Silas der coolste Typ im Kurs, wird auch Tennigott oder Boris Becker genannt. Er schnappte sich den lustigsten Laborkittel und war immer für einen Spaß zu haben. Im Kurs hatte er zu jeder Frage stets eine passende und kompetente Antwort parat. Für seine Fairness beim Sportfest erhielten wir sogar einige Extrapunkte sowie einen Fairnesspreis.

Sarah G. erklärte in ihrem Vortrag die Zusammenhänge der Bodenfruchtbarkeit besser als Patricias Professorin. Sie war stets interessiert und aktiv, wollte allem auf den Grund gehen und stellte so viele Fragen, dass die andere Sarah im Kurs am Ende beinahe nicht mehr auf ihren Namen hörte. Für die Verfärbungen bei den Nährstoffnachweisen konnte sie sich so begeistern, dass sie die Proben am liebsten mitgenommen hätte.

Sarah W. war immer gut gelaunt und steckte jeden mit ihrem fröhlichen Lachen an. Sie war für alle Fragen und Themen offen und konnte sich für alle Dinge begeistern. Manchmal war sie mit ihren Gedanken schon bei ganz anderen Themen, doch auf die aktuellen Fragen wusste sie immer eine gute Antwort.

Sophia K. war auf den ersten Blick eher zurückhaltend. Ihre zuvorkommende Höflichkeit und ihr fröhliches Gemüt hätten wir jedoch nicht missen wollen. Sie war für uns alle eine sehr gute Gesprächspartnerin. Trotz der Wärme ihres Herzens und dreier Jacken froh sie auf unserer Exkursion bitterlich.

Zoé war immer offen, engagiert und wissbegierig. Wie eine fröhliche Quelle schenkte sie uns beständig ihr erquickliches Lachen. Sie hinterfragte unsere Ideen und Pläne immer sehr gewissenhaft und deckte so den ein oder anderen Denkfehler auf.

Sophia H. erkannte man vor allem an ihrer wunderschönen Lockenmähne. Sie regte uns immer dazu an, in den Texten die Worte genauer zu lesen und zu verstehen, sodass jeder von uns genau verstand, worum es eigentlich ging. Mit ihrer ruhigen, freundlichen und hilfsbereiten Art war sie immer für ein Gespräch zu haben. Nicht selten führten uns ihre guten Ideen auf die entscheidende Spur.

Der Aufbau des Bodens

JUDITH DOHM

Der Boden zählt neben Wasser und Luft zu den kostbarsten Gütern der Menschheit und ist die Grundlage des Lebens von Menschen, Tieren und Pflanzen. Diese Tatsache verdeutlicht uns, wie wichtig der Boden für die Menschen ist.

Im Allgemeinen versteht man unter Boden den lockeren oberen Teil der Erdkruste. Dabei ist Boden nicht gleich Boden. Bei näherer Betrachtung stellt man fest, dass sich der Boden nicht nur durch Farbe und Beschaffenheit, sondern auch durch die Fruchtbarkeit unterscheidet.

Die Bodeneigenschaften und Bodenarten sind von vielen Faktoren abhängig. Durch das Zu-

sammenspiel des Ausgangsgesteins, der Hangneigung, des Wasserhaushalts, des Klimas, der Bodenlebewesen, der Pflanzen, des menschlichen Einflusses, sowie des Alters entstehen unterschiedliche Bodenarten, wobei das Ausgangsgestein und der Verwitterungsgrad maßgeblich für die Bodenart bzw. den Bodentyp sind.

Die Böden sind die Grundlage der Land- und Forstwirtschaft. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, die organischen und mineralischen Bestandteile des Bodens, das Wasserspeichervermögen und seine Durchlüftung zu kennen, da unterschiedliche Pflanzen auch unterschiedliche Anforderungen an den Boden stellen. Für einen optimalen Fruchtertrag ist aber nicht nur der Boden selbst maßgeblich, sondern auch eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung.

Die Bodenarten

Zunächst einmal betrachten wir die festen mineralischen Bestandteile des Bodens, die als Bodenarten bezeichnet werden.

Ein einfaches Kriterium zur Bestimmung der Qualität eines Bodens ist die Farbe. Eine allgemeine Regel besagt, je dunkler der Boden, desto fruchtbarer ist er. Die dunkle Farbe wird durch einen hohen Humusanteil verursacht. Sie kann aber auch durch übermäßige Feuchtigkeit im Boden verursacht werden. Dies wiederum bedeutet, einen weniger fruchtbaren Boden in der Hand zu halten. Böden, deren Farbton rot oder rot-braun ist, enthalten – bedingt durch das Ausgangsgestein – einen höheren Anteil an Eisenoxid. Gelbe Böden sind weniger fruchtbar. Die Farbe dieser Böden beruht auf reduzierten Eisenverbindungen. Gräulichen Böden liegt meist ein Eisen- oder Sauerstoffmangel zugrunde.

Detaillierter wird die Qualität eines Bodens unter anderem durch das Vorkommen verschiedener **Bodenarten** und deren Korngrößenzusammensetzung bestimmt, wobei die Körnung die Größe der einzelnen Partikel beschreibt.

Dabei werden 3 Hauptbodenarten unterschieden:

Sand hat eine grobe Körnung, das heißt die Körner besitzen einen Durchmesser zwischen 0,063 bis 2,0 mm.

Schluff besitzt eine Körngröße von 0,002 bis 0,063 mm.

Ton besitzt eine Körnung, die kleiner als 0,002 mm ist.

Diese drei Bodenarten bilden die Feinbodenarten, weil die Körner kleiner als 2 mm sind. Die einzelnen Bodenarten treten jedoch nie rein auf, sondern immer nur in Gemischen, die je nach Anteil der einzelnen Bodenarten zum Beispiel als toniger Schluff oder sandiger Schluff bezeichnet werden. Der Mischungsanteil von Sand, Schluff und Ton bestimmt die Bodenart. Lehm wiederum ist ein Gemenge aus Sand, Schluff und Ton.

Der Porenraum

Als Poren bzw. Porenvolumen werden die Zwischenräume oder auch die Hohlräume zwischen den einzelnen Körnern bezeichnet.

Sandböden besitzen grobe Poren, welche ein Volumen von 50 μm bis 10 μm haben. Die grobe Körnung von Sand bedingt eine starke Durchlüftung und hohen Wasserdurchfluss. Dies wiederum führt zu trockenen Böden, da bei fehlender Oberflächenhaftung die Fähigkeit, Wasser zu halten, gering ist. Infolgedessen ist die Nährstoffspeicherung gering, weil es zur Auswaschung von Nährstoffen kommt. Sandböden lassen sich leicht bearbeiten und werden deshalb im allgemeinen Sprachgebrauch auch als „leichte Böden“ bezeichnet.

Schluff besitzt hauptsächlich Mittelporen, die 50 μm bis 0,2 μm groß sind.

Ton weist mit einer Porengröße von einem Durchmesser kleiner 0,2 μm hauptsächlich Feinporen auf. Tonböden besitzen ein hohes Gesamtporenvolumen, bei nur sehr wenig Grob- und Mittelporen. Dies bedingt ein hohes Wasserhaltevermögen, wodurch Nährstoffe nicht so leicht ausgewaschen werden können. Tonböden sind schwer zu bearbeiten und schwer durchwurzelbar. Sie werden deshalb auch als „schwere Böden“ bezeichnet. Zusammengefasst bedeutet das: Je feinkörniger ein Boden ist, desto höher ist sein Porenvolumen bei kleinerem Porenraum.

Lehm ist ein Gemenge aus Sand, Schluff und

Ton, annähernd zu gleichen Teilen, und besitzt keine Kornfraktion. Ein optimales Verhältnis von Grob-, Mittel- und Feinporen ist ein Garant für eine gute Wasser-, Sauerstoff- und Nährstoffversorgung für die Pflanzen. Lehmböden lassen sich gut bearbeiten und sind gut durchwurzelbar.

Die Bodenhorizonte

JUDITH DOHM, ZOÉ KLAIBER

Böden werden nach ihrer Entstehung und nach ihren Merkmalen eingeteilt. Dabei kann man die Eigenschaften, z. B. die Tiefe, die Farbe, das Gefüge und die Zusammensetzung, mit einfachen Mitteln bestimmen. Die einzelnen Teile, aus welchen sich Böden zusammensetzen, also die Bodenarten, haben wir bereits kennengelernt. Im Profil jedoch kann man auch mit bloßem Auge deutliche Unterschiede in Form von Schichten erkennen.

Die einzelnen Schichten unterscheiden sich von Boden zu Boden in ihrer Art, Anzahl und Anordnung. Diese sind für die Identifizierung der Böden grundlegend. Die Bodeneigenschaften sind ein Spiegelbild ihrer Entstehungsgeschichte, wobei der Prozess der Bodenentstehung nie abgeschlossen ist. Pro Jahr entstehen dabei ca. 0,1 mm neuer Boden. Dabei sind unter anderem Klima, Verwitterung, Vegetation, sowie das Vorkommen verschiedener Bodenorganismen von großer Bedeutung. Das Ergebnis dieses Entstehungsprozesses spiegelt sich in den Schichten wieder.

Die Abfolge der einzelnen Bodenhorizonte ist entscheidend für die Unterscheidung der verschiedenen Bodentypen.

Diese Schichten werden, wie auf folgender Abbildung zu sehen ist, von oben nach unten in den O-/A-/B- und C-Horizont eingeteilt.

Der oberste Horizont wird **O-Horizont** genannt und bezeichnet die Streuschicht. Diese besteht aus abgestorbenen organischen Materialien, wie z. B. Blättern, an der Erdoberfläche.

Der **A-Horizont** ist die nächste Schicht und besteht aus einem mit Humus vermischten Oberboden. Er reicht bis in eine Tiefe von 30 cm, ist gut durchwurzelt und verfügt über

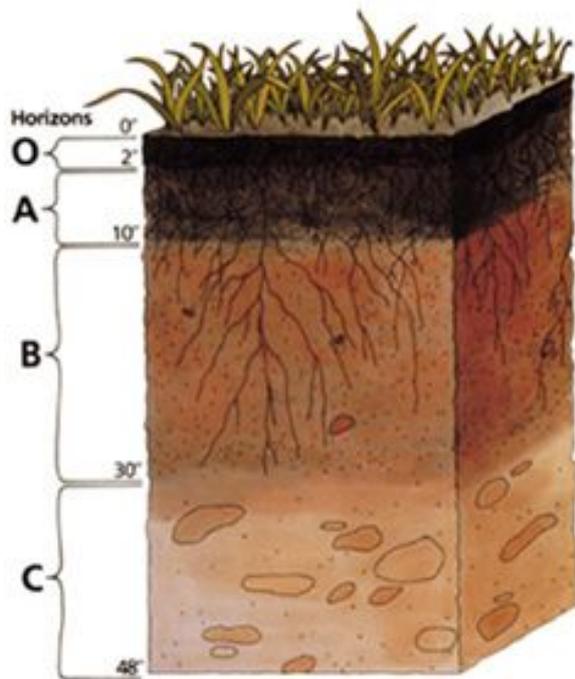


Abb. 1: Das Bodenprofil

eine hohe Anzahl an Bodenlebewesen, die für einen humosen Boden maßgebend sind. Er besitzt infolge der Verarbeitung des organischen Materials durch die Bodenorganismen eine dunkle Farbe. Gleichzeitig wird der A-Horizont auch Auswaschungshorizont genannt, da aus ihm verschiedene Huminstoffe oder Eisen in tiefer gelegene Horizonte ausgewaschen werden. Unter Huminstoffen versteht man natürliche organische Moleküle, die sich beim Abbau von Pflanzenresten im Boden bilden. Sie dienen unter anderem der Nährstoffspeicherung.

Der **B-Horizont** bezeichnet den Unterboden, in dem Tonminerale gebildet werden. Er wird auch Anreicherungshorizont genannt, da dort die meisten Nährstoffe, welche vom A-Horizont ausgewaschen wurden, gespeichert werden. Er kann bis zu einer Tiefe von 150 cm reichen. Sein Humusanteil sinkt, und es reichern sich schon kleinere Steine an. Der B-Horizont ist für die Wasseraufnahmefähigkeit, die Nährstoffaufnahme und für die Wurzelverankerung von großer Bedeutung.

Der **C-Horizont** liegt meist unter dem B-Horizont und besteht aus noch nicht verwittertem oder kaum verwittertem Ausgangs- oder

Grundgestein. Eine klare Abgrenzung zwischen dem B- und C-Horizont ist selten möglich, da die Grenzen sehr fließend sind. Dieser Horizont ist für die Stabilität des Bodens zuständig.

Anhand der oben genannten Merkmale werden die verschiedenen Bodentypen charakterisiert.

Schwarzerde hat einen sehr stark entwickelten A-Horizont. Daran schließt sich gleich der C-Horizont an, der meist aus Löss besteht, wobei der B-Horizont gänzlich fehlt. Die Schwarzerde ist einer der nährstoffreichsten und fruchtbarsten Böden. Er kommt in Osteuropa und Asien sehr häufig vor.

Braunerde besitzt ein A-B-C-Profil und kommt in Landschaften mit Laubwäldern häufig vor.

Boden, der auf kalkigen Gesteinen basiert, wird Rendzina genannt. Diese findet sich vor allem in Gebirgen und besteht aus einem A-Horizont, der direkt über dem C-Horizont liegt.

Die Entstehung von Boden

Um verstehen zu können, wie die einzelnen Bodenarten und auch die Horizonte des Bodens zustande kommen, muss zunächst geklärt werden, wie Boden überhaupt entsteht. Dafür spielt insbesondere die Lithosphäre eine entscheidende Rolle. Sie beinhaltet zum einen die verschiedenen Gesteine und zum anderen die Verwitterung, also den Zerfall des Gesteins nahe der Erdoberfläche.

Boden kann nur im Zusammenspiel der Hydrosphäre (dem Wasserbereich), der Atmosphäre (dem Gasbereich), der Biosphäre (alle lebenden Organismen) und der Lithosphäre entstehen. Aus diesem Grund wollen wir im folgenden diese Sphären genauer beleuchten.

Die Lithosphäre

ZOÉ KLAIBER, JUDITH DOHM

Das Gestein ist der Ausgangsstoff der Bodenentstehung. Dieses wird, nach ihren Entstehungsbedingungen, in drei Gruppen unterteilt: den sedimentären, den metamorphen und den magmatischen Gesteinen.

Die Gesteine

Sedimentäre Gesteine, auch Ablagerungsgesteine genannt, entstehen durch die Diagenese von feinen Ablagerungen wie Sand oder Staub. Als Diagenese bezeichnet man den Ablauf der Verfestigung dieser Ablagerungen durch Druck und Temperatur. Sedimentäre Gesteine können durch Metamorphose zu Metamorphiten werden. Das heißt sie wandeln sich unter hohem Druck oder hohen Temperaturen um. Metamorphite können durch Temperaturveränderungen sowie Druckentlastungen teilweise aufschmelzen. Bei diesem Vorgang, der meist in den tiefer gelegenen Erdkrusten stattfindet, kann Magma entstehen. Dieses ist jedoch auch als primäres Material in der Erdkruste zu finden. Durch die Kristallisation des Magmas entstehen Magmatide. Sie werden auch Erstarrungsgesteine genannt und wandeln sich, wie sedimentäre Gesteine, durch Metamorphose zu Metamorphiten um.



Abb. 2: Dieses Bild zeigt einen Syenit. Er gehört zu den Magmatiden.

Magmatide werden nach der Tiefe, in welcher sie entstehen, in zwei Gruppen unterteilt, den Plutoniten und den Vulkaniten. Magmatide, die innerhalb der ersten 100 m unter der Erdoberfläche erkalten, zählen zu den Plutoniten. Sie werden auch Tiefengesteine genannt. Vulkanite, auch Ergußgesteine genannt, treten hingegen ruhig und langsam an die Erdoberfläche. Bei Magma mit einem hohen Anteil an Wasser und Luft, kann es auch zu Explosionen führen.

Die sedimentären Gesteine, Metamorphite sowie die Magmatide können durch Verwitterung zur Pedogenese, der Entstehung des Bodens, beitragen.

Verwitterung

Das Gestein kann durch äußere Einflüsse zerfallen. Diesen Vorgang nennt man Verwitterung. Er erfolgt meist in der Nähe der Erdoberfläche. Es gibt die physikalische, chemische und die biologische Verwitterung. Die **physikalische Verwitterung** beschreibt den Zerfall von Gestein in kleinere Teile. Eine Art dieser Verwitterung ist die Temperaturverwitterung. Sie erfolgt bei großen Temperaturschwankungen, wodurch sich das Volumen des Gesteins verändert. Durch die Spannungen die hierbei entstehen, bilden sich Risse und Spalten. Das Gestein platzt an der Oberfläche und zerfällt in Schutt. Ähnlich funktionieren auch der Spaltenfrost und die Wurzelsprengung.

Bei der **chemischen Verwitterung** wird Gestein in seiner chemischen Form verändert oder vollständig gelöst. Beispiele sind die Lösungsverwitterung, die hydrolytische Verwitterung und die Oxidationsverwitterung. Es lösen sich dabei Minerale durch Säuren (Lösungsverwitterung), Wasser (hydrolytischen Verwitterung) oder Metalle (Oxidationsverwitterung).

Wenn sich auf feuchtem Gestein niedere Pflanzen (Moose, Algen) ansiedeln, wird das Gestein leicht verwittert und es können sich höhere Pflanzen (Bäume, Sträucher) niederlassen. Diesen Prozess bezeichnet man als **biologische Verwitterung**.

Das Bodengefüge

Durch oben genannte Abläufe können kleinste Teilchen des Gesteins abgetragen werden. Setzen sich diese zu Aggregaten zusammen, bilden sie das Bodengefüge. Das Bodengefüge bestimmt die Menge und Form der Poren, welche auf die Durchwurzelungsintensität und die Nährstoffverfügbarkeit einen Einfluss haben.

Die Struktur des Bodengefüges wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören:

die Bodenart, die Menge und Art der organischen Substanz, der Wasserhaushalt sowie die Form der Bodenbearbeitung.

Eine Art des Gefüges ist das **Elementargefüge**, welches auch Einzelkorngefüge genannt wird. Es tritt bei Sandböden auf, da der Boden hier in seinen einzelnen Primärteilchen vorliegt. Die Sandkörner bzw. Bodenteilchen liegen ohne Zusammenhalt einzeln und lose nebeneinander. Sie werden weder durch einen biologischen noch durch einen chemischen Prozess zu Aggregaten verkittet. Damit lassen sich wiederum Rückschlüsse auf die Bodeneigenschaften ziehen. Je grober das Gefüge eines Bodens, desto schlechter sind die Bodeneigenschaften.

Beim **Krümelfgefüge** sind die Aggregate rund, locker und porös. Die Böden besitzen eine hohe biologische Aktivität. Die Verkittungen der einzelnen Bodenteilchen beruhen auf biotischer Herkunft. Der Schleim bzw. die Absonderungen der Bodentiere dienen als Klebematerial, um die einzelnen Bodenpartikel zu verkitten. Damit zählt es als das beliebteste Gefüge, da es von einer hohen Bodenaktivität zeugt. Es ist ein Garant für einen guten Wasser- und Lufthaushalt, sowie für einen guten Nährstoffgehalt. Gleichzeitig profitiert es von einer hohen Niederschlagsaufnahme, wodurch Verschlammung oder Erosion verhindert werden. Beispiele hierfür sind Schwarzerde, Gartenböden und Grünlandböden.

Das **Absonderungsgefüge** entsteht abiotisch, das heißt es entsteht durch Umwelteinflüsse. Infolge dessen wird es zu säulen-, blättchen- oder balkenartigen Aggregaten verklebt. Als Umwelteinflüsse zählen die Belastung des Bodens, Stauwasserbildung und die Austrocknung des Bodens mit anschließender Schrumpfrissbildung. Beispiele hierfür sind lehmhaltige Unterböden oder Niedermoore, bedingt durch Stauwasser.

Das **Fragmentgefüge** kann nur durch menschlichen Einfluss, wie beispielsweise der Bodenbearbeitung entstehen. Aus diesen mechanischen Bodenbearbeitungen bilden sich künstliche Fragmente, zum Beispiel Bröckel, Klumpen oder Schollen. Bröckel entstehen, wenn das schollenartige Gefüge während der kalten Winterzeit gefriert und dann im Frühjahr, nach

dem Auftauen auseinander bricht. Die Bröckel ähneln in ihrem Aussehen stark dem Krümelfgefüge, jedoch sind die Bröckel nur oberflächlich zu finden, während das Krümelfgefüge viel tiefer in den Boden hineinreicht.

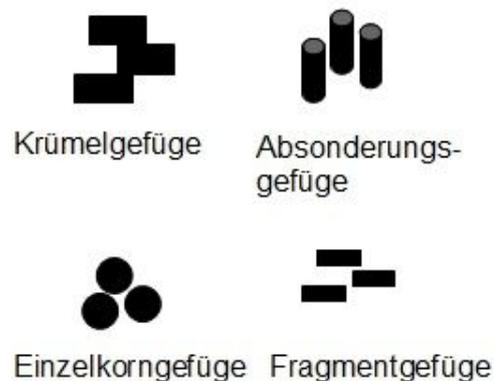


Abb. 3: Die Gefüge im Überblick

Die Entstehung des Bodens hängt somit von vielen Faktoren ab, die sich auch gegenseitig beeinflussen.

Die Hydrosphäre

JENS FIEDLER

Neben den festen mineralischen Bausteinen des Bodens spielt auch der Wasserhaushalt eine entscheidende Rolle im Ökosystem Boden. Insbesondere die Eigenschaft, Wasser gegen die Schwerkraft zu halten und zu speichern, ist wichtig für das Pflanzenwachstum und das Bodenleben.

Wasser ist für die Pflanze ein limitierender Faktor. Doch was ist überhaupt ein „limitierender Faktor“? Justus von Liebig (1803–1873), ein Naturwissenschaftler, der sich viel mit der organischen Chemie auseinandersetzte, definierte diesen Begriff mit folgenden Worten: „Wie eine Tonne durch die unterschiedliche Höhe der Planken nicht voll werden kann, so können auch die Pflanzen bei Mangel eines Wachstumsfaktors – z. B. Eisen – nicht optimal wachsen.“¹ Pflanzen brauchen bestimmte Voraussetzungen, um wachsen zu können. Diese Wachstumsfaktoren sind:

¹Quelle: <http://green-24.de/forum/das-gesetz-vom-minimum-von-justus-von-liebig-t3675.html>

- Wasser
- Licht
- Nährstoffe
- Luft
- Wärme

Justus von Liebig's Gesetz besagt nun, dass die Pflanze nicht oder nur unzureichend gut wachsen kann, wenn selbst nur ein Wachstumsfaktor fehlt beziehungsweise kaum vorhanden ist. Eisen, das unter die Gruppe der Nährstoffe gehört, ist für eine Pflanze ebenso unerlässlich wie auch Wasser, Licht, Luft und Wärme.

Da Wasser ein limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum ist, beschäftigten wir uns mit der Frage, welche Böden Wasser am besten für die Pflanze verfügbar speichern können. Um diese Frage beantworten zu können, betrachten wir die pF-Kurve, die diesen Sachverhalt aufklärt.

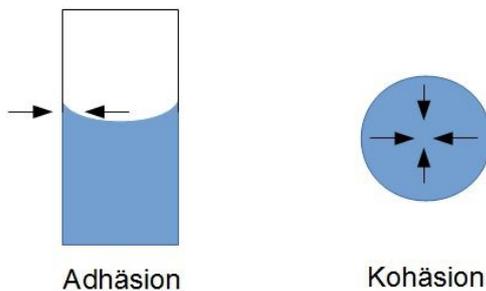


Abb. 4

Verschiedene Böden besitzen, wie bereits beschrieben wurde, unterschiedliche Poren. Die einzelnen Poren sorgen dafür, dass das Wasser im Boden gegen die Schwerkraft gehalten werden kann. Dafür sind zwei physikalische Kräfte verantwortlich: Die sogenannte Kohäsion beschreibt die gegenseitige Anziehung der Wassermoleküle in sich, während die Adhäsion für die wechselseitige Anziehung der Wassermoleküle mit den Bodenteilchen verantwortlich ist. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 4 verdeutlicht.

Bei der Abbildung 5 ist auf der x-Achse der Wassergehalt des Bodens in Volumenprozent des gesamten Porenraumes dargestellt und auf der y-Achse die Wasserspannung mit dem zugehörigen pF-Wert. Die Wasserspannung stellt

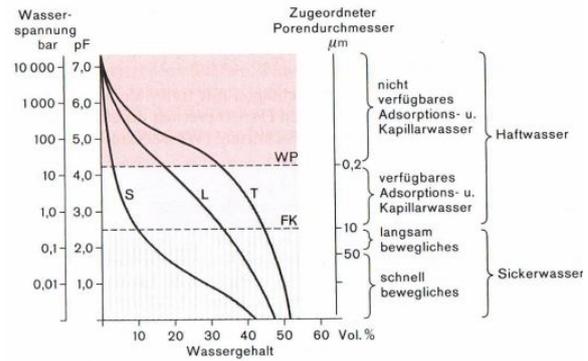


Abb. 5: die pF-Kurve

dabei den Einfluss der Matrix, sprich des Bodens, auf das Wasser dar und beschreibt die Intensität der Bindung des Wassers an die Bodenteilchen. Der pF-Wert ist dabei der logarithmierte Wert der Wasserspannung. Der pF-Wert und die Wasserspannung beschreiben also den gleichen Sachverhalt.

Die pF-Kurve wird in verschiedene Bereiche unterteilt: Ab einem pF-Wert von 1,8, sprich einer Wasserspannung von -60 hPa oder höher, kann Wasser im Boden gehalten werden. Dieser Bereich wird auch Feldkapazität (FK) genannt. Den pF-Wert 4,2 bezeichnet man als permanenten Welkepunkt (PWP). Ab diesem pF-Wert ist das Wasser zwar im Boden gespeichert, aber für die Pflanzen nicht mehr erreichbar, da es zu stark im Boden an die jeweilige Bodenart gebunden wird. Deshalb wird der Bereich ab dem PWP auch Totwasserbereich genannt.

Ausschließlich das Wasser, das sich zwischen einem pF-Wert von 1,8 und 4,2 befindet, ist für die Pflanzen verfügbar, weil die Wasserspannung weder zu niedrig, sodass das Wasser durchsickert, noch zu hoch ist, sodass es zu stark in den Poren gebunden wird. Diesen Bereich bezeichnet man als die nutzbare Feldkapazität (nFK). Es steht also nicht das gesamte Wasser, das im Boden gehalten werden kann, den Pflanzen zur Verfügung.

In der obigen Abbildung der pF-Kurve (Abb. 5) sind drei Kurven abgebildet, und zwar diejenigen der Bodenarten Ton, Schluff und Sand. Weil Sand hauptsächlich Grob-, Schluff überwiegend Mittel- und Ton einen großen Anteil an Feinporen besitzt, wird das Wasser bei Vorliegen der jeweiligen Bodenart auch unterschied-

lich stark gehalten. Je nach Porendurchmesser treten Adhäsion und Kohäsion in Konkurrenz, sodass die Adhäsionskräfte in Poren kleinen Durchmessers, sprich in Feinporen, so hoch sind, dass die Saugspannung der Pflanze nicht ausreicht, diesen Kräften entgegen zu wirken. Gegenteilig verhält es sich in Poren großen Durchmessers, sprich Grobporen, wo die Kohäsionskraft die Adhäsionskraft übersteigt und das Wasser nicht im Boden gehalten werden kann. Die Mittelporen der schluffigen Böden können das Wasser aufgrund ihres Porendurchmessers gegen die Schwerkraft halten und es trotzdem pflanzenverfügbar speichern.

Auf tonigen Böden dagegen ist der Feinporenanteil bereits so hoch, dass ein Großteil des Wassers zwar im Boden gespeichert werden kann, jedoch für die Pflanzen nicht mehr nutzbar ist, da die Wasserspannung zu hoch ist. In sandigen Böden kann das Wasser sehr schlecht gespeichert werden, weil es aufgrund der viel zu niedrigen Wasserspannung (pF-Wert unter 1,8) durchsickert und als Sickerwasser ins Grundwasser gelangt. Diese Information kann man der pF-Kurve entnehmen, wenn man den Kurvenverlauf betrachtet und darauf achtet, ob die Kurve in den verschiedenen Bereichen steil oder flach verläuft. Durch den Verlauf der Kurve kann deshalb auch der Anteil der Poren abgelesen werden. Schluff ist also bezüglich des Wasserhaushaltes die beste Bodenart, weil das Wasser sowohl im Boden gehalten werden kann, als auch für die Pflanzen verfügbar ist.

Nachdem wir uns nun mit der pF-Kurve auseinandergesetzt hatten, wollten wir selbst einen Boden aus verschiedenen Schichtungen in einer Plastikflasche zusammenstellen, der so viel Wasser wie möglich halten und gleichzeitig noch so realistisch wie möglich aufgebaut sein sollte. Neben Steinen, die den C-Horizont simulierten und als Verschluss dienten, konnten wir noch zwischen verschiedenen Bodenarten wählen. Unter diesen gab es Lehm, tonigen Lehm, der etwas mehr Tonanteile besitzt, und sandigen Lehm mit etwas mehr Grobporen. Auch Humus, das zersetzte organische Material, welches sich im Boden befindet, musste in unserem Boden enthalten sein. Zu guter Letzt kam noch die Streu, welche das noch nicht zersetzte organische Material obenauf markierte.

Wie viel der Bestandteile verwendet und in welcher Schichtung diese angeordnet wurden, blieb jeder Gruppe selbst überlassen. Als die Bodenschichtung zusammengestellt war, schütteten wir eine bestimmte Menge an Wasser, die wir anhand einer realistischen Niederschlagsmenge berechneten, hinein, um auf diese Weise den Niederschlag zu simulieren. Je mehr Wasser hineingegeben werden konnte, ohne dass es unten heraustropfte, desto besser war das Wasserhaltevermögen. Diese Menge an Wasser fiel gemäß der Schichtung und Zusammensetzung des Bodens jeder einzelnen Gruppe verschieden hoch aus. Bei einer Gruppe konnte jedoch sehr viel Wasser hineingegeben werden, ohne dass es heraus sickerte (340 ml!). Warum dies so war, wird ist anhand der Abbildung 6 zu erkennen.

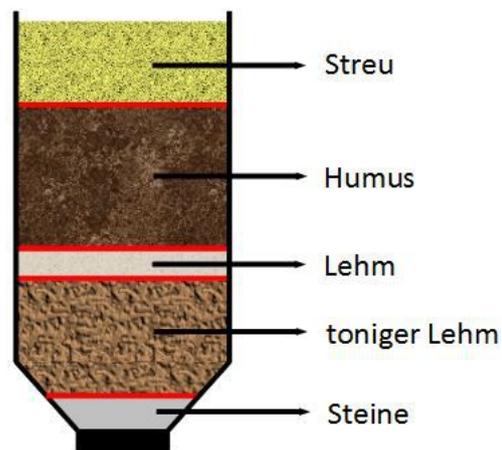


Abb. 6

1. Zuerst wurden Steine zur Simulation des Ausgangsgesteins und zum Verschluss der Flasche hinein gefüllt.
2. Danach kam eine große Schicht tonigen Lehms hinzu. Toniger Lehm besitzt ein hohes Wasserhaltevermögen. Diese Schicht kann das durchgesickerte Wasser gut speichern.
3. Darauf folgte eine kleine Schicht Lehm. Lehm kann das Wasser ebenfalls gut speichern.
4. Die nächste Schichtung bestand aus Humus. Humus ist in jedem fruchtbaren Boden enthalten und kann das Wasser gut aufnehmen, ohne es zu stauen.
5. Ein Geheimitipp war die verhältnismäßig

große Streuschicht. Das liegt daran, dass Streu das Wasser sehr gut aufsaugen kann.

Die Atmosphäre

SARAH WETZEL

Auch die Luft spielt für die Pflanzen und das Bodenleben eine entscheidende Rolle.

Da die Grobporen, wie bereits erwähnt, nicht in der Lage sind, Wasser gegen die Schwerkraft zu halten, steht dieser Anteil des Porenvolumens der Luft und ihren Gasen zur Verfügung. Der Luftgehalt nimmt dabei von oben nach unten bis zum Grundwasserspiegel leicht ab.

Der Boden steht über diese Poren in einer engen Wechselbeziehung mit der Atmosphäre. Um mehr darüber in Erfahrung zu bringen, recherchierten wir im Internet und in einigen Büchern und stießen dabei auf folgende Zusammenhänge:

Das gesamte Porenvolumen eines Bodens errechnet sich aus dem Wasservolumen und dem luftgefüllten Volumen eines Bodens. Den größten Anteil des gesamten Lufthaushaltes im Boden bilden Kohlendioxid, Methan, Sauerstoff und Lachgas.

Die Diffusion

Der Austausch von Gasen zwischen der Atmosphäre und der Bodenluft sowie in der Bodenluft selbst folgt den Gesetzen der Diffusion. Dabei streben die verschiedenen Gaskomponenten nach einem Konzentrationsausgleich zwischen Atmosphäre und Bodenluft oder zwischen verschiedenen Räumen im Boden.

Dazu ein Beispiel aus dem Alltag: Angenommen, Sie backen einen Kuchen und öffnen den Ofen, so strömt Ihnen sofort ein leckerer Duft entgegen. Nach kurzer Zeit riecht man den Kuchen duft im gesamten Raum.

Das liegt daran, dass die Duftmoleküle zu Beginn beim Ofen stärker konzentriert sind als in der Luft weiter weg im Raum. Mit dem Ziel, die Konzentration im gesamten Raum auszugleichen, verteilen sich die Duftmoleküle im Raum.

Der gleiche Vorgang geschieht auch zwischen Atmosphäre und Boden. Die Voraussetzungen für die Diffusion sind ein Ort mit einer hohen Gaskonzentration, den man Quelle nennt, und ein Ort mit einer niedrigeren Gaskonzentration, der Senke.

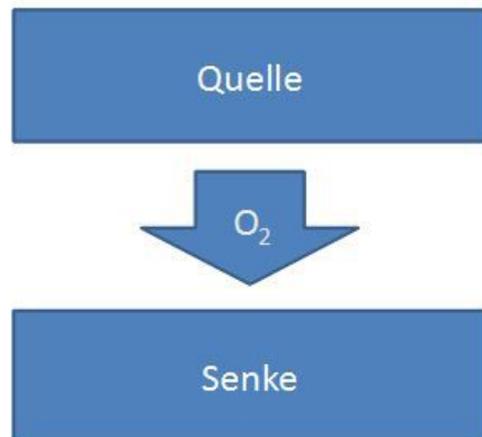


Abb. 7

Ob nun die Atmosphäre oder die Bodenluft die Quelle oder Senke bilden, hängt davon ab, wo die höhere Gaskonzentration herrscht. Diese kann sich aber je nach Gas und Umgebungsbedingungen auch so stark verändern, dass die Quelle zur Senke und die Senke zur Quelle wird. Für einen Konzentrationsausgleich strömt nun das entsprechende Gas von der Quelle zur Senke, also vom Ort höherer Konzentration zum Ort niedrigerer Konzentration, also entweder von der Atmosphäre in die Bodenluft oder von der Bodenluft in die Atmosphäre. Der dabei auftretende Teilchenstrom wird mit J bezeichnet und gibt an, welche Stoffmenge in einer Zeiteinheit durch eine Fläche diffundiert, die orthogonal zur Diffusionsrichtung liegt. Er ist abhängig vom Konzentrationsunterschied und vom Material beziehungsweise von der Umgebung, in der die Diffusion stattfindet. Die Eigenschaften der Umgebung werden dabei im Proportionalitätskoeffizienten D erfasst. Das erste Ficksche Gesetz drückt diesen Sachverhalt mathematisch aus: $J = -D \cdot (dc/dx)$

Im oben genannten Alltagsbeispiel mit dem Kuchen bildet also die Luft beim Backofen die Quelle und die restliche Luft im Raum die Senke.

Die Gase

Betrachten wir nun die vier verschiedenen Gase.

Kohlenstoffdioxid (CO₂): Bei der Zersetzung von organischer Substanz im Boden entsteht Kohlenstoffdioxid. Die für diesen Prozess zuständigen Mikroorganismen im Boden arbeiten besonders gut, wenn dort aerobe Verhältnisse vorherrschen, der Boden also nicht von der Luft abgeschlossen ist. Wird viel organisches Material zersetzt, bildet der Boden die Quelle von Kohlenstoffdioxid, welches in die Atmosphäre strömt. Wird wenig zersetzt, ist es genau umgekehrt. Dies kommt vor, wenn im Boden keine Mikrobenaktivität vorherrscht. Doch meist ist der Boden die Quelle.

Methan (CH₄): Dieses entsteht unter anaeroben Bedingungen, also wenn kein Sauerstoff zur Verfügung steht, und unter CO₂-Verbrauch, wenn organische Stoffe nicht vollständig abgebaut werden können. Es wird dabei von methanbildenden Bakterien produziert. Der Boden bildet also die Quelle, wenn anaerobe Bedingungen herrschen und die Senke, wenn aerobe Bedingungen herrschen und daher viel O₂ im Boden vorhanden ist.

Sauerstoff (O₂): In der Atmosphäre herrscht immer eine höhere Sauerstoffkonzentration als im Boden, da im Boden der Sauerstoff von den Bodenlebewesen und auch von den Pflanzen für die Zellatmung verbraucht wird. Die Bodenorganismen geben dafür CO₂ in die Bodenluft ab. Deshalb ist die Atmosphäre für O₂ immer die Quelle und der Boden die Senke.

Lachgas (N₂O): Dieses Gas entsteht, wenn im Boden anaerobe Bedingungen herrschen und Stickstoff vorhanden ist. Dabei gilt auch: Je mehr Stickstoff im anaeroben Boden, desto mehr Lachgas wird gebildet. Und da im Boden immer mindestens etwas Stickstoff vorhanden ist, bildet er für das Lachgas immer die Quelle.

Die Biosphäre

NICO GLÄSER, LOUISA EBERT, LUCA BRAUNGER

Das Bodenleben

Der Boden ist nicht nur der Speicher der Nährstoffe oder ein Puffer für Wasser, sondern auch das Habitat des Edaphon – der Lebensraum des Bodenlebens. Die vielzähligen Bodenlebewesen vermischen, durchlüften oder lockern den Boden. Eine weitere Rolle im Boden spielen die Lebewesen, indem sie dafür sorgen, dass Wasser und Luft besser zirkulieren und organische Substanzen schneller abgebaut werden. Des Weiteren sind sie wichtige Indikatoren für die Bodenqualität.

Die Bodenlebewesen werden nach ihrer Größe in verschiedene Bereiche unterteilt.

Der kleinste Bereich ist die Mikroflora, zu welcher zum Beispiel Bakterien, Pilze oder Algen gehören. Sie sind kleiner als 0,002 mm, also kleiner als 2 µm.

Der nächstgrößere Bereich ist die Mikrofauna. Zu diesen kleiner als 0,2 mm großen Tieren zählen beispielsweise Fadenwürmer oder Wimperntierchen.

Mit einer Größe von 2 mm ordnet man Springschwänze oder Milben zum nächsten Bereich – dem Bereich der Mesofauna zu. Diese Tiere haben wir unter dem Mikroskop betrachtet und auch gezeichnet – unter anderem einen Pseudoskorpion.

Der Makrofauna gehören die Tiere an, die einen Durchmesser von 20 mm oder mehr haben, wie zum Beispiel Spinnen, kleinere Schnecken oder Asseln.

Die größten Bodentiere gehören zur Megafauna. Dazu zählen zum Beispiel Regenwürmer und auch Wirbeltiere. Sie werden größer als 20 mm.

Der Regenwurm

Der Regenwurm gehört zu den wichtigsten Lebewesen im Boden. Durch das Graben von Gängen durchmischt und belüftet er den Boden, was die Bodenfruchtbarkeit und die Bodenlockerung erhöht. Ebenfalls entstehen durch das Graben dieser Gänge Kanäle für Wurzeln,

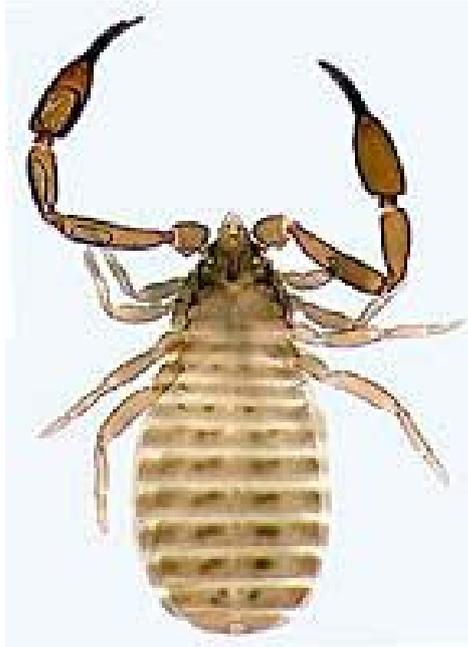


Abb. 8: Mikroskopische Aufnahme eines Pseudoskorpions.

Wasser und Wärme, die dadurch leichter bis in tiefere Schichten des Bodens gelangen können. Da der Regenwurm die Kanäle mit seinem nährstoff-, mineralsalz- und humusreichen Kot auskleidet, fördert er zusätzlich die natürliche Düngung des Bodens. Auch die Pflanzen profitieren vom Kot des Regenwurms, weil er viele Nährstoffe, unter anderem Stickstoff, enthält, die sie aufnehmen können. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Regenwürmer ihren Kot an die Wände ihrer Gänge kleben. So werden die Gänge sozusagen „tapeziert“, was ihnen mehr Stabilität verleiht. Im Herbst ziehen die Regenwürmer Falllaub von Obstanlagen in ihre Kanäle. Dadurch wird ein eventueller Schädlingsbefall bekämpft.

Nicht nur Falllaub, sondern das gesamte organische Material zählt zur Nahrung des Regenwurms. Nachts kommen die Regenwürmer an die Erdoberfläche, um ihr Futter zu sammeln. Da die Regenwürmer keine Zähne haben, können sie das Blatt nicht alleine essen. Deswegen ziehen sie ihre Nahrung in die oberen Schichten ihrer Bodenkanäle, wo viele Mikroorganismen, wie zum Beispiel Pilze, leben. In den Bodenkanälen wird die Nahrung dann an die Wand geklebt und mit Kot bedeckt. Der Kot bietet wiederum einen idealen Lebensraum

für Mikroorganismen. Diese Mikroorganismen siedeln sich auf dem Blatt an und dienen dem Regenwurm als Nahrung. Der über den After wieder ausgeschiedene Kot besteht aus vielen unverdaulichen Resten, beispielsweise Cellulose. Diese Reste werden am oberen Gang als Kothäufchen wieder ausgeschieden.

Der Regenwurm gehört zum Stamm der Gliedertiere (Articula). Dieser wird unterteilt in den Unterstamm der Ringelwürmer (Annelida), welcher ebenfalls in zwei Klassen unterteilt werden kann. Zum Einen gibt es dort die Klasse der Vielborster (Polychaeta). Eine weitere Klasse bilden die Gürtelwürmer (Clitella). Unter ihnen gibt es Streubewohner, Flach- und Tiefgraber. In Deutschland leben 39 verschiedene Regenwurmart, wie zum Beispiel der Tauwurm (*Lumbricus terrestris*).



Abb. 9: *Lumbricus terrestris*

Er ist die wohl bekannteste Regenwurmart. Der *Lumbricus terrestris* ist bis zu 30 cm lang, hat eine rötlichbraune Färbung und einen farblich abgesetzten Gürtel. Als Bodenart bevorzugt er lehmige Böden. Mit einer Röhrenlänge von bis zu zwei Metern gehört er zu den tiefgrabenden Arten. Der Tauwurm ist im vorderen Bereich dunkel gefärbt. Dadurch ist er vor Feinden und UV-Strahlung geschützt.

Eine weitere Art ist der Mist- oder auch Kompostwurm (*Eisenia foetida*). Er ist etwa 10 cm lang, rötlich bis purpurrosa gefärbt und durch gelbe Ringe zwischen den Segmenten zu erkennen. Der Mistwurm bildet oft Knäuel aus mehreren Tieren. Er ist nicht im heimischen Garten, sondern eher in Misthaufen zu finden, da er viel organisches Material zum Überleben

braucht.



Abb. 10: Eisenia foetida

Lebensformen des Bodenlebens

Der Regenwurm wird, wie auch die Mikroorganismen, als permanentes Bodenleben bezeichnet. Unter diesem Begriff versteht man alle Tiere, die ihr ganzes Leben im Boden verbringen.

Eine weitere Art von Bodenleben ist das temporäre Bodenleben. Zu ihm gehören Tiere wie Schmetterlingslarven, die nur einen Teil ihrer Entwicklung im Boden leben und danach andere Lebensräume besiedeln.

Die dritte Art ist das alternierende Bodenleben. Darunter versteht man, dass Tiere von Generation zu Generation den Lebensraum Boden mit einem anderen Lebensraum tauschen. Hierzu zählen beispielsweise Wespen, die einerseits Nester im Boden wie auch an Bäumen oder ähnlichem haben.

Die Erdkröten gehören zum periodischen Bodenleben. Diese Lebewesen leben nur eine bestimmte Periode im Jahr im Boden.

Natürlich sind im Boden auch die uns allen bekannten Bakterien angesiedelt. Sie sind einzellig, haben aber keinen Zellkern und werden deswegen als Prokaryot bezeichnet. Bakterien bewegen sich mit Hilfe von Geißeln fort. Sie erfüllen verschiedene Aufgaben im Boden. Es gibt Bakterien, wie zum Beispiel die Rhizobien, zu deren Aufgaben die Fixierung von Luftstickstoff gehört. Nitrosomonas und Nitrobacter, die auch Bakterien sind, reduzieren Ammonium zu Nitrat. Die sogenannten Actinomyceten

produzieren den Stoff Geosemin, der für den typischen Erdgeruch verantwortlich ist.

Eine weitere Gruppe der Bodenorganismen bilden die Pilze. Sie sind hauptsächlich für den Abbau von Lignin und die Streuzersetzung zuständig.

Auch Pflanzen leben im Boden. Ein Beispiel sind Algen. Sie besiedeln zuerst Steine und sind hauptsächlich in den oberen, feuchten Schichten des Bodens zu finden.

Wie alle Pflanzen ernähren sich auch Algen pflanzlich, also autotroph. Diese autotrophe Ernährung wird in drei Teilgebiete unterteilt. Pflanzen, die Licht als Energiequelle nutzen, ernähren sich photoautotroph. C-autotroph ernähren sich Pflanzen, die Kohlenstoff als Energiequelle haben und chemoautotroph ernähren sich die Pflanzen, die die Energie aus anorganischen Verbindungen gewinnen.

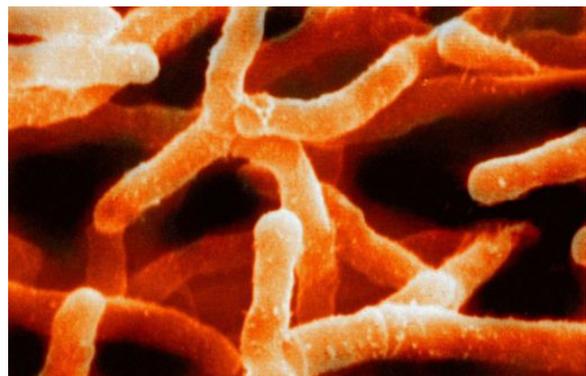


Abb. 11: Mikroskopische Aufnahme der Actinomyceten.

Bei Tieren nennt man diese Ernährung heterotroph. Die Tiere, die totes Material fressen, sind saphrophag. Diejenigen, die Ausscheidungen fressen, sind koprophag. Tiere, die Lebendfresser sind, nennt man zoophag.

Humus

Bevor wir die Entstehung und Bedeutung von Humus näher betrachten, ist es hilfreich zu wissen, wie Humus definiert wird. Humus beschreibt den Anteil aller toter organischer Materialien, die im Boden vorhanden sind.

Damit Humus entstehen kann, bedarf es gewisser Abläufe im Boden. Der erste Prozess,

der stattfindet, ist die biochemische Initialphase. Bei diesem Schritt stirbt die Pflanze ab und Kohlenstoff, der in der Pflanze gespeichert war, wird freigesetzt. Der nächste Vorgang, der stattfindet, nennt sich Primärzersetzung. Hierbei wird das tote organische Material durch die Makro- und Mesofauna zerkleinert, um im nächsten Schritt weiterverarbeitet werden zu können. Diesen Schritt bezeichnet man als die Sekundärzersetzung. Das Gewebe des zuvor zerkleinerten Materials wird aufgelöst und getrennt. Diesen Vorgang, der hauptsächlich von der Mikrofauna bewerkstelligt wird, nennt man auch Verwesung.

Anschließend gibt es zwei Wege, wie das verwesene Material genutzt werden kann:

1. Mineralisierung (mithilfe von Mikroben):

Dies ist der Endabbau des übriggebliebenen organischen Gewebes in seine anorganischen Ausgangsstoffe, bei dem zum Beispiel Wasser entsteht.

Damit dieser Endabbau schlussendlich stattfinden kann, müssen verschiedene Abläufe passieren: Durch die Synthese von Enzymen, wie zum Beispiel Cellulase oder Protease, durch Bakterien, können aus der toten organischen Substanz niedermolekulare Verbindungen wie Glucose oder aber auch anorganische Verbindungen entstehen. Diese Einfachzucker und andere Nährstoffe werden wiederum von den Mikroorganismen aufgenommen, womit ihr Wachstum ermöglicht wird. Sie können aber auch von der Pflanze als Nährstoff aufgenommen werden.

2. Humifizierung:

Die Humifizierung beschreibt den Vorgang der Umwandlung von Pflanzenrückständen, Streustoffen und Produkte der Bodenorganismen in Huminstoffe. Damit am Ende Huminstoffe entstehen können, müssen zwei Oxidationsvorgänge ablaufen. Bei dem ersten Vorgang werden vorhandene Polyphenole in Chinone umgewandelt. Bei dem zweiten Oxidationsvorgang entstehen aus diesen entstandenen Chinonen die Huminstoffe. Der Begriff „Huminstoffe“ umfasst Humine, Huminsäuren und Fulvosäuren. Diese können Wasser und Kohlenstoff sehr gut speichern und spielen deshalb eine bedeutende Rolle im Kohlenstoffkreislauf.

Der Humusgehalt des Bodens ist von vielen Faktoren abhängig. Ein Beispiel: Je feinkörniger ein Boden ist, desto mehr Humus ist in diesem enthalten. Hierfür gibt es einen Richtwert, der besagt: pro 1 % Ton werden 0,05 % Kohlenstoff gespeichert. Außerdem spielen hier auch das Klima, also die Temperatur und die Niederschlagsmenge, die Höhenlage, der Sauerstoff und der Wasseranteil, die Vegetation und die Bodennutzung, bei der die Fruchtfolge und die Düngung wichtig sind, eine bedeutende Rolle.

Abbildung 12 zeigt, welche Faktoren den Humusgehalt eines Bodens beeinflussen. Um den Humusgehalt eines Bodens zu erhöhen, kann man verschiedene Variablen verändern. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von organischem und anorganischem Dünger. Ein Beispiel für einen organischen Dünger ist Stroh. Dabei wird das Stroh in den Boden eingearbeitet und von den Organismen zersetzt. Weitere organische Dünger sind Klärschlamm, der relativ viel Phosphor enthält und Stallmist. Wie auch in den anderen organischen Düngern ist in Stallmist ein gewisser Anteil an Stickstoff und Kohlenstoff vorhanden. Ein weiterer Vorteil von Stallmist ist, dass er eher langsam abgebaut wird.

Eine hohe Bedeutsamkeit für den Humusgehalt und den Humusaufbau im Boden hat das C/N-Verhältnis, denn es beeinflusst maßgeblich die Mineralisierung und den Abbau der organischen Substanz. Das C/N-Verhältnis gibt an, in welchem Verhältnis Kohlenstoff und Stickstoff zueinander vorhanden sind.

Ein günstiges C/N-Verhältnis ist etwa 10:1. Hier ist Stickstoff und Kohlenstoff in einem optimalen Verhältnis vorhanden, das die Mikroorganismen für ihren Stoffwechsel und Aufbau benötigen.

Ist im Boden viel Stickstoff vorhanden, führt dies dazu, dass das Pflanzenwachstum und das Bodenleben stark gefördert werden. Dies kann zu einem Humusabbau führen, wenn nicht genug organische Masse wieder zugeführt wird. Bei einem weiten C/N-Verhältnis ist eine große Menge Kohlenstoff vorhanden, aber nur eine geringe Menge an Stickstoff.

Dies kann sich negativ auf das Pflanzenwachstum und auf die Aktivität der Mikroorganismen auswirken.

men auswirken.

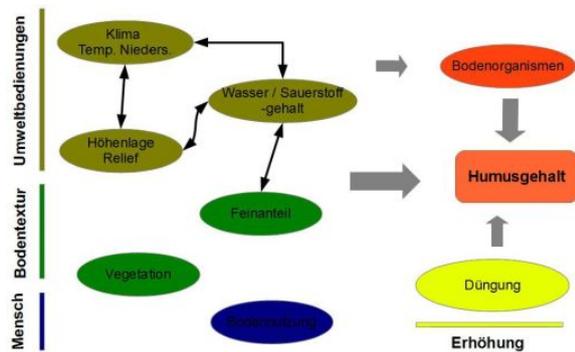


Abb. 12 :Faktoren, die die Humusbildung beeinflussen

Humus spielt eine bedeutende Rolle bei verschiedenen Aspekten im Boden. Zum Beispiel beeinflusst er maßgeblich die Bodenfruchtbarkeit, da durch die Mineralisierung und den Abbau von organischer Substanz Nährstoffe frei werden. Auch das Wasserhaltevermögen wird durch die Bildung von Ton-Humus Komplexen gesteigert. Außerdem kann er durch seine schwarze Farbe die Bodentemperatur erhöhen, sodass schneller die optimale Temperatur für die Mikroorganismen entsteht. Ebenso erwärmt sich die Bodenoberfläche durch die Farbe schneller und erlaubt einen früheren Saatzeitpunkt. Zudem trägt er zu einem verbesserten Bodengefüge und somit zu einer verminderten Erosionsgefahr bei.

Humusformen

Humus tritt in Deutschland hauptsächlich in drei verschiedene Formen auf, die sich hinsichtlich

ihrer Entstehungsbedingungen unterscheiden. Sie heißen Mull, Moder und Rohhumus.

L: Streuschicht

Of: Vermoderungshorizont

Oh: Humusstoffhorizont

Ah: humusartiger mineralischer Oberboden

Mull ist die nährstoffreichste und somit auch fruchtbarste Humusform. Er entsteht, wenn im Jahresverlauf genauso viel neues Streu gebildet wird, wie bereits vorhandenes abgebaut wurde. Deshalb wird diese Streuauflage maximal ein Jahr alt. Der humose Oberboden ist hier sehr

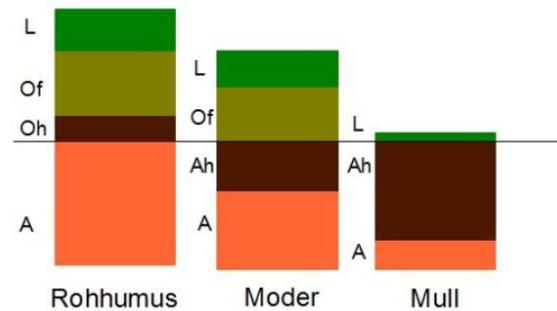


Abb. 13: Die Horizontierung der verschiedenen Humusformen.

mächtig, da die Streu stark in den Oberboden eingearbeitet wird. Damit dies geschehen kann, ist eine starke Bioturbation (= Durchmischung) nötig, die vor allem von Regenwürmern und anderen Bodenlebewesen durchgeführt wird. Das Bodenleben ist in dieser Form des Humus also sehr aktiv, weshalb die Streu auch in wenigen Monaten abgebaut werden kann.

Damit Mull entstehen kann, müssen gute Klimabedingungen vorhanden sein, die dem Bodenleben ein optimales Arbeitsumfeld ermöglichen. Außerdem sind günstige Wasser- und Nährstoffverhältnisse nötig, um eine optimale Streuzersetzung zu erreichen. Mull hat ein C/N-Verhältnis zwischen 8:1 und 13:1, was bedeutet, dass Pflanzen und Mikroorganismen genug Stickstoff zur Verfügung steht, um die tote organische Substanz abzubauen zu können, ohne zunächst ihren Bedarf an diesen Substanzen decken zu müssen.

Mull ist in Deutschland hauptsächlich in Laubwäldern verbreitet.

Da Moder unter mäßig guten Bedingungen entsteht, ist er folglich weniger fruchtbar als der Mull. Moder wird unter ungünstigeren Zersetzungsbedingungen gebildet, die zum Beispiel klimatisch bedingt sind, aber auch, wenn dem Boden nur wenige Nährstoffe, vor allem Stickstoff, zur Verfügung stehen. Daher ist er nicht so fruchtbar wie der Mull. Da das Bodenleben aufgrund der mäßigen Bedingungen weniger aktiv ist, häuft sich die Streuschicht über mehrere Jahre an. Die Umsetzung benötigt sogar mehrere Jahrzehnte. Moder hat ein C/N-Verhältnis zwischen 15:1 und 20:1 und der Oberboden ist mit einem pH-Wert von ca. 4 relativ sauer.

Man findet ihn ebenfalls in Laubwäldern oder in höheren Lagen.

Die unfruchtbarste und nährstoffärmste Humusform ist der Rohhumus. Die Abbaubedingungen sind bei Rohhumus extrem ungünstig. Das heißt, der Boden ist sehr nährstoffarm und es herrscht ein sehr kühles Klima. Da das Edaphon aufgrund der geringen Temperaturen und der ungünstigen Nährstoffverhältnisse keine Bioturbation mehr durchführt, kann die Streuschicht bis zu 30 cm hoch werden. Das C/N-Verhältnis ist mit 25:1 im Rohhumus extrem weit, was bedeutet, dass den Pflanzen und Mikroorganismen sehr wenig essentieller Stickstoff zur Verfügung steht. Rohhumus hat einen extrem niedrigen pH-Wert und ist somit die sauerste Humusart. Er entsteht an zum Teil über Jahrhunderte fehlgenutzten und gestörten Standorten unter sehr ungünstigen Bedingungen.

Zusammenfassend sind es also die Faktoren Streubildung, Zersetzung, Verwesung, Humifizierung und Bioturbation, die für die Entstehung der einzelnen Humusformen entscheidend sind.

Unsere Humusanalysen

Um unser erworbenes Wissen über Humus auch praktisch anzuwenden, führten wir zwei Versuche durch:

Für die **grobsinnliche Humusanalyse** nahmen wir verschiedene Bodenproben in der näheren Umgebung von Adelsheim und versuchten, aufgrund einiger typischer Merkmale, die Bodenart und den Humusgehalt zu bestimmen.

Humusgehalt und Humusmenge

Die Humusmenge eines Bodens ergibt sich aus der Lagerungsdichte, der Mächtigkeit und dem prozentualen Humusgehalt. Aus der Farbe in feuchtem oder trockenem Zustand konnten wir anhand einer Tabelle den Humusgehalt schätzen.

Humifizierungsgrad

Um den Humifizierungsgrad abzuschätzen, pressten wir die angefeuchtete Probe mit der Hand aus und betrachteten den Presssaft und dessen Rückstand. Trat z. B. farbloses, klares Wasser aus und der Rückstand war nicht breiartig, konnten wir daraus schließen, dass die

feucht			
Farbe	Sand	Lehm	Schluff/Ton
hellgrau			
grau	< 0,3	< 0,4	0,3 – 0,6
dunkelgrau	0,3 – 0,6	0,4 – 1	0,6 – 1,5
schwarzgrau	0,9 – 1,5	1 – 4	1,5 – 3
schwarz	3 – 6	> 4	> 5

Abb. 14: Humusquantifizierung anhand der Farbe nach Blume und Helsper 1987

Probe nicht oder nur ganz schwach humifiziert war. War jedoch die ganze Probe als Brei vorhanden und blieben keine Rückstände übrig, konnten wir davon ausgehen, dass die Probe vollständig humifiziert war.

Um unsere Schätzungen zu überprüfen, bestimmten wir den Humusgehalt unserer Bodenproben auch anhand einer **quantitativen Humusanalyse**. Dabei machten wir uns zunutze, dass organische Substanz bei ca. 800 °C verbrennt.

Wir gaben eine Probe unserer Böden in Porzellantiegel und bestimmten die Masse. Anschließend stellten wir die Tiegel für eine Stunde in einen sogenannten Muffelofen, der auf 800 °C eingestellt war. Nachdem die Proben abgekühlt waren und alle organische Substanz verbrannt war, wogen wir die Tiegel erneut. Da wir das Leergewicht des Tiegels kannten, konnten wir daraus die Humusmenge und auch den Humusgehalt errechnen. Dabei stellten wir für Torf einen Humusgehalt von 86 % und für Blumenerde einen Gehalt von 69 % fest.



Abb. 15: Unsere Tiegel, nachdem wir sie aus dem Ofen geholt hatten.

Nährstoffe im Boden

SOPHIA KLEINHANS, LISA HAUSER,
TIM ZEITVOGEL

Ein weiteres und sehr wichtiges Teilgebiet der Biosphäre sind die Nährstoffe im Boden. Diese sind in mineralische Haupt- und Spurennährstoffe unterteilt und gelangen sowohl durch die Verwitterung von Gesteinen, als auch durch das Absterben von organischem Material in den Boden.



Abb. 16: Die essenziellen Nährstoffe im Überblick

Sie werden zunächst in essentielle (lebensnotwendige) und nützliche Nährstoffe unterteilt. In Abwesenheit der essentiellen Nährstoffe sind ein gesundes Wachstum der Pflanze sowie das Abschließen ihres Lebenszyklus nicht möglich. Denn das Wachstum wird von dem Faktor begrenzt, der am knappsten ist (Gesetz des Minimums). Der Grund dafür ist, dass jeder Nährstoff bestimmte Aufgaben und Funktionen hat, die nicht von anderen Nährstoffen erfüllt werden können. Die Pflanze nimmt diese über die Wurzeln vom Boden auf. Stehen ein oder mehrere Nährstoffe nicht in ausreichender Menge zur Verfügung, kommt es zu Mangelerscheinungen. Diese können an der Färbung der Pflanzenorgane und ihrem Wachstum erkannt werden.

Die erhöhte Zufuhr anderer Nährstoffe, die zum Ziel hat, einen anderen zu ersetzen, ist erfolglos und kann sogar schädlicher sein, als nützlich. Denn durch das Überangebot eines Nährstoffes, kann die Aufnahme eines anderen Nährstoffes gehemmt werden. Insgesamt gibt es 14 verschiedene Nährstoffe, welche in zwei weitere Gruppen unterteilt werden. Diese sind die Makro- und Mikronährstoffe. Von den Makronährstoffen, zu denen zum Beispiel Stickstoff, Phosphor oder Kalium zählen, muss die Pflanze

deutlich größere Mengen aufnehmen, als von den Mikronährstoffen. Beispiele hierfür sind unter anderem Eisen oder Kupfer. Wenn mehr als 1 g/kg des Nährstoffs in der Trockenmasse vorhanden ist, so spricht man von einem Makronährstoff. Wenn dieser Wert kleiner als 0,1 g/kg ist, so ist es ein Mikronährstoff.

Kalium ist, wie oben erwähnt, ein Makronährstoff, der bei vielen Stoffwechselfvorgängen in der Pflanze beteiligt ist. Es erhöht ebenfalls die Widerstandskraft, regelt den Wasserhaushalt und hat Einfluss auf die Photosyntheseleistung. Typisch für einen Kaliummangel sind die „Welktracht“ und die vom Rand her hellgrüne Verfärbung der Blätter. Bei einer Überdüngung kann es vor allem zu Wurzelschäden und Wachstumsstörungen kommen.

Die nützlichen Nährstoffe, wie zum Beispiel Silizium, stimulieren das Wachstum und die Resistenz der Pflanze, sind aber für sie nicht lebensnotwendig.

Nährstoffe liegen immer in Ionenform vor, meist in Ionenverbindungen, und werden so auch von der Pflanze aufgenommen. Allerdings sind die Nährstoffe selten frei verfügbar. Häufig sind sie zum Beispiel an Tonminerale gebunden. Deshalb geben Wurzeln Säuren ab, um diese von den Tonmineralen zu lösen und sie anschließend aufnehmen zu können. Durch die abgegebenen Säuren wird der pH-Wert abgesenkt und die Verfügbarkeit von verschiedenen Nährstoffen erhöht.

Nährstoffe können auch aus unterschiedlichen Gründen ausgetragen werden. Hierzu zählen vor allem die Ernte und die Auswaschung, aber auch Erosion und Abschwemmungen. Bei der Ernte von Getreide bleibt von der Pflanze lediglich der Halm und die Wurzeln zurück. Dadurch können die Nährstoffe, die die Pflanze aufgenommen hat, nach Beenden ihres Lebenszyklus nicht mehr an den Boden zurückgegeben werden. Somit wird der natürliche Kreislauf gestört. Um diese Nährstoffverluste wieder auszugleichen, muss gedüngt werden. Bei der Auswaschung, welche unter Einfluss von Niederschlag mit Sickerwasser stattfindet, werden die Nährstoffe aus den oberen Bodenschichten in den Unterboden gespült und sind für die Pflanze nicht mehr verfügbar.



Abb. 17: Beim Durchführen der Nährstoffnachweise.

Nährstoffeinträge können anthropogen, aber auch natürlich bedingt sein. Düngung ist ein anthropogener Nährstoffeintrag, denn dieser wird vom Menschen eingesetzt, um die Nährstoffverluste wieder auszugleichen. Man unterscheidet zwischen organischen und mineralischen Düngern. Organische Dünger sind unter anderem Stallmist und Gülle, aber auch Klärschlamm. Vorteile sind, dass Abfälle wiederverwertet werden und diese viel organische Substanz enthalten, wodurch der Humusgehalt stabilisiert wird.

Allerdings kann organischer Dünger nicht gezielt eingesetzt werden, da der Nährstoffgehalt stark schwankt und die Verfügbarkeit der Nährstoffe nicht exakt planbar ist. Außerdem besteht bei Klärschlamm die Gefahr, dass Schwermetalle oder Schadstoffe in den Boden gelangen. Deshalb greifen viele Landwirte auch zu mineralischen Düngern, denn diese enthalten gleichbleibende Nährstoffmengen, wodurch eine gute Planung möglich ist. Es wird ebenso eine Über- und Unterdüngung vermieden. Mineralische Dünger werden industriell erzeugt, wobei natürliche Rohstoffe aufgearbeitet werden. Oft werden Stickstoff, Phosphor oder Kalium verwendet.

Natürlich bedingte Nährstoffeinträge erfolgen durch die Atmosphäre oder durch das Grundwasser. Die Atmosphäre kann gasförmige Verbindungen der Nährelemente transportieren, welche anschließend in den Boden gelangen können. Das Grundwasser kann einige Nährstoffe gut lösen und in den Wurzelraum transportieren.

Ein weiterer Faktor, der die Verfügbarkeit der

Nährstoffe im Boden beeinflusst, ist der pH-Wert. Bei Phosphat zum Beispiel ist ein pH-Wert zwischen 5,5 und 7 am besten, denn in diesem Bereich ist viel Phosphor für die Pflanze verfügbar. Steigt der pH-Wert, nimmt die Festlegung, die Bindung an Bodenbestandteile, zu, und der Pflanze steht nicht mehr so viel Phosphor zur Verfügung. Bei den anderen Nährstoffen ist es ähnlich. Generell kann man sagen, dass extreme pH-Werte nicht gut für die Pflanzen sind und man auf einen angemessenen pH-Wert im Boden achten sollte.

Um starke Schwankungen und niedrige pH-Werte zu vermeiden, wird häufig auch mit Kalk gedüngt. Er reguliert den Basenhaushalt, indem er Säuren neutralisiert. Neben dieser wichtigen Funktion, sorgt Kalk auch für einen geordneten Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt.

Nun wollten wir auch praktisch herausfinden, welche Nährstoffe, in welchen Mengen in verschiedenen Bodentypen enthalten sind. Dazu haben wir einen Nitrat- und einen Phosphatnachweis mit den verschiedenen Bodentypen durchgeführt. Zu Beginn tränkten wir in Zweiergruppen zum Beispiel Torf oder sandigen Lehm mit Wasser und filtrierten dieses anschließend, bis wir eine klare Lösung hatten. Des Weiteren gaben wir 1 ml der filtrierten Flüssigkeit in eine Lösung, in der Chemikalien, unter anderem eine Säure, enthalten waren, und schüttelten sie.



Abb. 18: Unser Photometer

Mithilfe eines Photometers konnten wir nun zuletzt den Nitrat- und Phosphatgehalt bestimmen. Bei einem Photometer wird durch eine

Blende die gewünschte Menge an Licht durchgelassen. Dieses trifft auf ein Interferenzfilter, das nur den Wellenlängenbereich des Lichtes durchlässt, den man messen möchte. Anschließend wird die Probe platziert und zuletzt eine Linse, um die Farbveränderung sehen zu können. Das ist das allgemeine Prinzip, denn es gibt viele Unterschiede und auch noch komplexere Bestimmungsarten.

Auf untenstehender Abbildung sehen Sie die Ergebnisse unserer Nährstoffnachweise. Bei Torf ermittelten wir einen Nitratgehalt von 0,4 mg/l und bei sandigem Lehm auf einen Gehalt von 1,9 mg/l gekommen. Der Phosphatgehalt war bei beiden Proben deutlich höher, denn bei Torf konnten wir hier 2,4 mg/l und bei sandigem Lehm 4,2 mg/l feststellen. Dieses Ergebnis lässt sich auch auf die Auswaschbarkeit von Nitrat und Phosphat zurückführen, denn Nitrat ist im Wasser gelöst und wird so sehr schnell ausgewaschen, was bei Phosphat nicht der Fall ist.



Abb. 19: Die blau gefärbten Küvetten zeigen den Phosphat-Nachweis, die rot gefärbten Küvetten den Nitrat-Nachweis.

Stickstoff als wichtiger Pflanzennährstoff

Stickstoff ist für jede Pflanze lebensnotwendig, da er ein essenzieller Nährstoff ist. Die Pflanze benötigt ihn in größeren Mengen, deshalb gehört er zu den Makronährstoffen.

Stickstoff ist der wichtigste Nährstoff bei der Bildung von Proteinen, Aminosäuren und den Nucleinsäuren für die DNA. Darüber hinaus ist Stickstoff ein Bauelement von Chlorophyll, Vit-

aminen, vielen Enzymen und Hormonen, wie z. B. von Auxin, welches das vegetative Wachstum fördert. Deshalb kann man Stickstoff auch als „Motor des Wachstums“ bezeichnen.

Fehlt der Pflanze Stickstoff, kommt es zu Mangelsymptomen wie Chlorose und Nekrose. Bei der Chlorose verfärben sich die Blätter hellgrün bis gelblich, während sie bei der Nekrose absterben. Bei einem Stickstoffmangel bilden Pflanzen ihre neuen Triebspitzen mit Stickstoff aus den älteren Blättern, welche dann gelb werden und zuerst absterben. Dies ist möglich, da Stickstoff innerhalb der Pflanze mobilisiert werden kann.

Ein kümmerliches Wurzelwachstum, eine geringe Bestockung oder wenige Sprossverzweigungen können weitere Mangelsymptome sein. Ein Stickstoffmangel kann ebenfalls zu einer Notblüte führen. Die Folge sind schwach ausgebildete Früchte und ein reduzierter Ertrag.

Ein Stickstoffüberschuss, zum Beispiel durch eine zu starke Düngung, kann bei Pflanzen zu folgenden Symptomen führen. Die Blätter der Pflanze werden grün-blau. Es gibt einen mastigen Wuchs und eine verzögerte Blüte und Reife. Das Pflanzengewebe wird weich, wodurch die Pflanzen krankheits- und frostanfälliger werden. Durch die Überdüngung werden Parameter der Qualität, wie zum Beispiel Haltbarkeit und Geschmack beeinflusst.

Aber wie gelangt der Stickstoff überhaupt in die Pflanze? Was passiert mit dem von der Pflanze aufgenommenen Stickstoff, wenn diese stirbt? Diese Fragen können mit Hilfe des Stickstoffkreislaufs beantwortet werden.

Der Stickstoffkreislauf

Die Atmosphäre besteht zu 78% aus Stickstoff (N_2). Dieser ist jedoch in seiner elementaren Form für die Pflanzen nicht nutzbar, da die Stickstoffmoleküle sehr reaktionsträge sind. Die beiden Stickstoffatome des elementaren Stickstoffs, wie er in der Luft vorliegt, sind durch eine Dreifachbindung ihrer Elektronen sehr stark aneinander gebunden. Pflanzen nehmen hauptsächlich wasserlösliche Nitrate oder Ammoniumsalze auf. Daher muss der molekulare Stickstoff in diese Stickstoffverbindungen

überführt, das heißt fixiert, werden. Wie dies im Einzelnen geschieht, kann anhand des Stickstoffkreislaufs, der aus mehreren Teilkreisläufen besteht, beschrieben werden. Einer dieser Teilkreisläufe ist die atmosphärische Stickstofffixierung.

Stickstoff kann unter anderem über atmosphärische Einträge in den Boden gelangen. Bei Gewittern werden durch die Energie der elektrischen Entladungen Stickstoffoxide in der Atmosphäre gebildet. Diese können sich mit dem Wasserdampf in der Luft zu Salpetersäure (HNO_3) verbinden. Die Salpetersäurekonzentrationen sind jedoch sehr gering. Wenn es regnet und mit den Niederschlägen Spuren von Salpetersäure in die Erde gelangen, kommt es im Boden zur Bildung von Nitraten. Das sind die Salze der Salpetersäure, die von den Pflanzen in wassergelöster Form sehr gut aufgenommen werden können. Allerdings ist die atmosphärische Stickstofffixierung von eher geringer Bedeutung.

Viel wichtiger ist die biologische Stickstofffixierung. Bei dieser Art von Fixierung wandeln die Bodenbakterien den molekularen Stickstoff über mehrere Zwischenstufen in Nitrat um. Zunächst reduzieren diese den molekularen Stickstoff zu Ammoniak (NH_3). Spezielle Bodenbakterien, die Nitrifikanten, wandeln das Ammoniak in Nitrit (NO_2^-) um. Dies wird als Nitrifikation bezeichnet. Andere Bakterien oxidieren das Nitrit schließlich zu Nitrat (NO_3^-).

Nun steht das Nitrat den Pflanzen zur Verfügung und sie können dieses aufnehmen. Die Pflanzen wandeln das Nitrat unter anderem zu Aminosäuren um. Aus diesen bildet sich pflanzliches Eiweiß.

Bei den Denitrifikanten handelt es sich um eine weitere Gruppe von Bodenbakterien, welche einen geringen Teil des Nitratvorrats in molekularen Stickstoff umwandeln. Dieser gelangt wieder in die Atmosphäre.

Es gibt auch Bakterien (Rhizobien), die den molekularen Stickstoff in Ammonium (NH_4^+) umwandeln können. Sie leben mit den Leguminosen, also Hülsenfrüchtlern, wie zum Beispiel Klee, Erbsen oder Bohnen, in einer Symbiose.

Tiere fressen die Pflanzen und nehmen so den gebundenen Stickstoff auf. Dieser wird in orga-

nische Stickstoffverbindungen wie Proteine umgewandelt und dann durch die Nahrungskette weitergegeben, beispielsweise an den Menschen.

Der Hauptbestandteil der verwertbaren Stickstoffverbindungen im Boden stammt jedoch aus dem Abbau toter organischer Substanz. Die ausgeschiedenen organischen Stickstoffverbindungen von Tieren und Menschen, sowie die organischen Stickstoffverbindungen aus der abgestorbenen Biomasse, werden durch Bakterien und Pilze zu anorganischen Stickstoffverbindungen abgebaut. Dazu werden Enzyme benötigt, die durch eine Synthese den in den Proteinen gebundenen Stickstoff zum Beispiel wieder zu Nitrat umwandeln. Man nennt diesen Vorgang Mineralisierung und damit schließt sich der Stickstoffkreislauf.

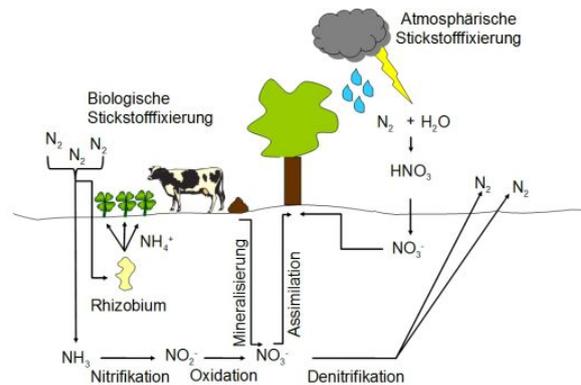


Abb. 20: Der Stickstoffkreislauf

Die Stickstoffaufnahme der Pflanze

Jede Pflanze muss, um leben zu können, Nährstoffe aufnehmen. Diese Aufnahme erfolgt an den Wurzeln. Wir haben uns speziell mit der Aufnahme von Nitrat beschäftigt.

Als Rhizosphäre bezeichnet man den Bereich des Bodens, der unter dem direkten Einfluss der Wurzeln steht. In der Rhizosphäre liegt der für die Proteinbildung und DNA wichtige Stickstoff in den Formen NO_3^- und NH_4^+ vor. Allerdings können die Pflanzen die an den Tonmineralen absorbierte Form NH_4^+ schlechter aufnehmen als die in Wasser gelöste Form NO_3^- . Wenn die Pflanze nun Nitrat benötigt, nimmt sie dieses über die Wurzel auf.

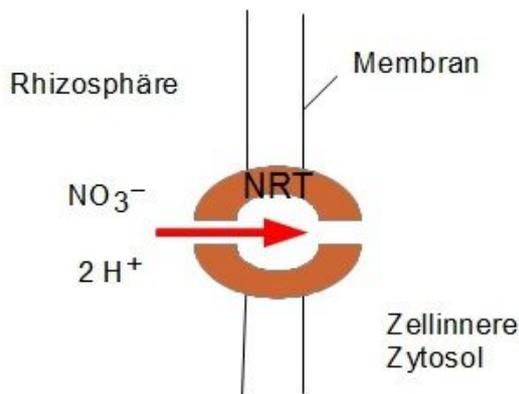


Abb. 21: Die Nährstoffaufnahme durch NRT 1

In der Membran der Wurzelhaare sind Transport-Proteine eingebaut, über welche die Pflanze Nährstoffe unter Energieverbrauch aufnimmt.

Die im Wurzelbereich vorliegenden Nitrat-Ionen werden durch solche Transporter, die in diesem Fall NRT1 bzw. NRT2 genannt werden, in das Zellinnere aufgenommen und dann in der Pflanze weitertransportiert. NRT steht hier für Nitrattransporter, die Zahl für die jeweilige Art des Transporters.

Damit dieser Weitertransport aber funktioniert muss ein Ladungsausgleich der Nitrat-Ionen erfolgen. Dies geschieht, indem der NRT2 ebenfalls Protonen (H^+) aufnimmt.

In der Rhizosphäre ist Nitrat in unterschiedlichen Konzentrationen für die Pflanzen verfügbar. Bei sehr geringer Konzentration nimmt der NRT2-Transporter NO_3^- auf. Aufgrund der hohen Affinität zu Nitrat, also der hohen Neigung, Nitrat aufzunehmen, nimmt dieser Transporter bei sehr geringer Konzentration Nitrat auf.

Bei einer höheren Konzentration von Nitrat nimmt der mit einer geringeren Affinität arbeitenden NRT 1 Transporter die Ionen auf. Die Anzahl an NRT1 und 2 kann je nach Gegebenheit von der Pflanze gesteuert werden. Auch für alle Mikro- und Makronährstoffe werden verschiedene Transporter zur Aufnahme verwendet.

Wenn die Nährstoffe nun durch die Transporter aufgenommen werden, befinden sie sich in der Außenhaut (Exoderm) der Wurzel. Die Nähr-

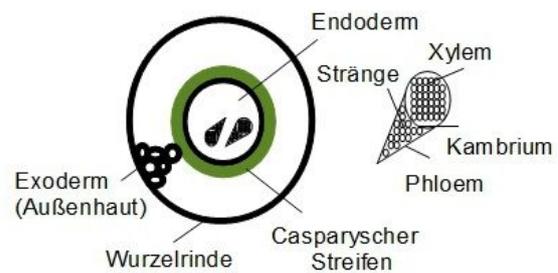


Abb. 22: Wurzelquerschnitt einer dikotylen Pflanze

stoffe gelangen über den Extrazellularraum oder durch die Zellen hindurch zum Inneren der Wurzel und erreichen eine Barriere, den Casparyschen Streifen, dessen Aufgabe die Selektion von Nährstoffen und Giftstoffen ist.

Der Weitertransport erfolgt durch Xylem und Phloem. Xylem und Phloem befinden sich im Zentrum der Wurzel und werden bei dikotylen, sprich zweikeimblättrigen Pflanzen durch das Kambrium getrennt. Die Leitbündel sind dabei charakteristisch für mono- bzw. dikotyle Pflanzen angeordnet, was die untenstehende Abbildung verdeutlicht.

Durch den Transpirationssog werden Wasser und Nährstoffe, wie Stickstoff, von den Wurzel über das Leitsystem zu den Pflanzenorganen, wie Blätter oder Früchte, transportiert. Dieser Sog entsteht aufgrund des Wasserverlustes der Pflanzen über die Blätter, die Transpiration. Der Transpirationssog limitiert gleichzeitig auch die maximal mögliche Wuchshöhe einer Pflanze auf ca. 120 m, da ab dieser Höhe wegen der zu geringen Kohäsionskräfte kein konstanter Wasserstrom mehr in den Leitbündeln möglich ist.

Der Transport im Phloem kann anders als im Xylem in beiden Richtungen ablaufen.

Der Grund für den Transport in Richtung Wurzel ist vergleichbar mit der Osmose. Bei der Osmose ist es das Ziel, in zwei Räumen, die durch eine semipermeable Membran getrennt sind, einen Konzentrationsausgleich zu erwirken. Dadurch wird zum Beispiel Zucker von der Quelle (Ort der hohen Konzentration), dem Blatt zur Senke (Ort der niedrigen Konzentration), der Wurzel befördert. Um einen Druckausgleich zu erreichen, wird Wasser durch das Xylem in Richtung der Blätter transportiert.

Die Assimilate (Kohlenstoffverbindungen) aus der Photosynthese, wie zum Beispiel Glucose, werden über das Phloem zum Speicher, der Wurzel, befördert.

Ein weiterer Punkt, mit dem wir uns beschäftigt haben, war die Reaktion der Wurzel auf Nitratvorkommen im Boden.

In den oberen Schichten des Bodens (0–20 cm) ist das laterale Wurzelwachstum ausgeprägt, da in diesem Bereich die Mikroorganismen die organischen Stoffe mineralisieren und die Nährstoffe für die Pflanze verfügbar sind. Außerdem sind in diesen Schichten Nährstoffe vorhanden, wie zum Beispiel Phosphor, das im Boden kaum mobil ist.

Aber wie erkennt die Wurzel diese Depots? Die Pflanze transportiert Indoldreissigsäure (IAA), die in den Blättern gebildet wird, in die Wurzelspitzen. Die Indoldreissigsäure gehört zu der Gruppe der Auxine, ein Pflanzenhormon. Es ist unter anderem für das Wurzelwachstum entscheidend.

Wenn im Boden wenig Nitrat vorhanden ist, transportiert der NRT1.1 Transporter das in der Wurzelspitze angesammelte IAA ab, sodass kein laterales Wurzelwachstum ausgelöst wird. Somit ist das Wachstum gehemmt. Sofern jedoch die Konzentration an NO_3^- hoch genug ist, wird NRT 1.1 durch das Nitrat inhibiert und somit der Abtransport von IAA innerhalb der Wurzel gestoppt. Als Konsequenz akkumuliert sich IAA in der Wurzelspitze und stimuliert das laterale Wurzelwachstum.

Die Bodenfruchtbarkeit

SARAH GERINGER

„Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit sind zwei grundlegende Voraussetzungen menschlicher Existenz auf unserer Erde“, das sagte unser ehemaliger Bundeskanzler Dr. Helmut Kohl². Mit diesen Worten wollte er auf die Wichtigkeit aufmerksam machen, diese Faktoren zu erhalten, beziehungsweise die Bodenfruchtbarkeit noch zu steigern. Denn nur durch diese Maßnahmen könne die Ernährung der wachsenden

²Quelle: <http://www.thomas-caspari.de/bodenkunde/zitate/index.htm>, 16. 10. 2015 17:20

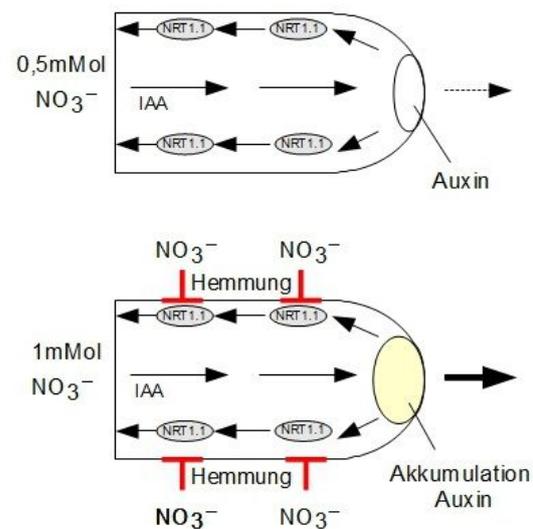


Abb. 23: Modell des Wurzelwachstum bezogen auf NRT 1.1

Weltbevölkerung auch in Zukunft sichergestellt werden.

Die Bodenfruchtbarkeit, die ein Maßstab dafür ist, welchen Beitrag der Boden an der Ertragsbildung leistet, wird normalerweise am Ertrag gemessen. Wenn ein Landwirt einen Boden neu bewirtschaftet, kann dieser aber nicht mit einem Blick eine Aussage über die Bodenfruchtbarkeit dieses Feldes treffen. Unter diesem Gesichtspunkt beschäftigen wir uns intensiv mit den Parametern der Bodenfruchtbarkeit, also den Eigenschaften, die einen Boden und dessen Fruchtbarkeit charakterisieren.

Zunächst spielen dort grundlegende Bodeneigenschaften wie die Bodentiefe, das Verhältnis der Bodenarten und das Bodengefüge eine Rolle, genauso wie die Durchwurzelbarkeit und die Durchlüftung des Bodens. Weitere Parameter sind die Bodenfeuchte, welche besser bekannt ist unter dem Namen der „nutzbaren Feldkapazität“, die Bodenreaktion, beziehungsweise der pH-Wert und die Bodenaktivität. Außerdem sind der Humusgehalt, sowie dessen Zusammensetzung, die Verfügbarkeit und Speicherefähigkeit von Nährstoffen und andere Faktoren wie der Hemm- und Schadstoffgehalt des Bodens, die Klimabedingungen, das Oberflächenrelief oder die Hangneigung des Bodens relevant.

Nachdem wir uns zunächst mit den Begrifflichkeiten vertraut gemacht hatten, stellten wir

schnell einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern fest, welchen wir in folgendem Schaubild verdeutlichen möchten.

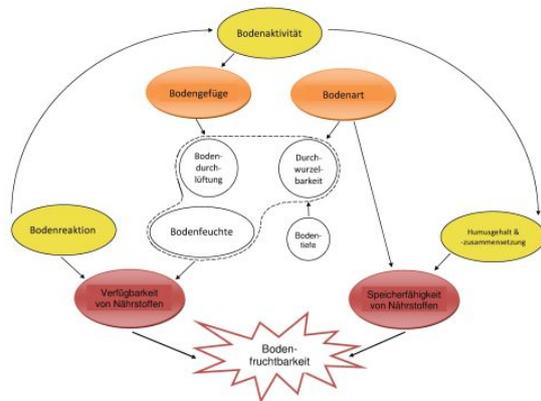


Abb. 24: Die Zusammenhänge der Bodenfruchtbarkeit

Mittels verschiedener Versuche fanden wir heraus, dass eine Mischung aller Bodenarten und ein Krümelgefüge optimale Voraussetzungen liefern. Das liegt daran, dass das Verhältnis der Bodenarten gemeinsam mit der Art des Bodengefüges die Bodenporung bestimmen, welche sich auf dreierlei Parameter auswirkt. Die Durchwurzelbarkeit des Bodens, dessen Durchlüftung und die Bodenfeuchte, also das für die Pflanze verfügbare Wasser, sind umso besser, je größer das Gesamtporenvolumen ist. Deshalb nimmt die Durchlüftung des Bodens bei zunehmender Bodentiefe auch ab, da sich dort das Bodengefüge verdichtet.

Eine kontinuierliche Durchlüftung ist jedoch wichtig, weil eine hohe Sauerstoffkonzentration des Bodens zum einen für gutes Wurzelwachstum sorgt, aber auch bessere Lebensbedingungen für Mikroorganismen schafft. Dies bewirkt eine hohe Aktivität der Lebewesen. Die Durchwurzelbarkeit des Bodens wird außerdem durch die Bodentiefe beeinflusst, weshalb dieser natürlich möglichst tiefreichend sein sollte. Damit die Pflanzen ausreichend Wasser haben und auch die Verwesungs- und Zersetzungsprozesse gut ablaufen können, sollte auch die Bodenfeuchte dementsprechend hoch sein.

Die Bodenreaktion, also der pH-Wert des Bodens, hat Auswirkungen auf die Bodenaktivität, sprich alle durch das Edaphon beziehungsweise das Bodenleben bewirkten Stoffumsetzungen. Das liegt daran, dass die Bodentiere auf

Schwankungen von Säuren und Basen empfindlich reagieren und deren Aktivität somit negativ beeinflusst wird. In Anbetracht verschiedener Bodenvorgänge, wie der chemischen Verwitterung und der Humifizierung, liegt der ideale pH-Wert im schwach sauren Bereich zwischen 5 und 7,5. Außerdem ist eine hohe Bodenaktivität wichtig, da sie im weiteren Zusammenspiel das Bodengefüge und den Humusgehalt, beziehungsweise dessen Huminstoffgehalt, beeinflusst.

Etwas genauer haben wir uns mit der Verfügbarkeit von Nährstoffen beschäftigt. Dabei unterscheidet man, abhängig von der jeweiligen Bindungsform im Boden, vier Stufen. Die Reservefraktion bezeichnet die fest in die organischen oder mineralischen Bodenbestandteile gebundenen Nährstoffe. Diese werden erst durch noch anstehende intensive Verwitterungs- und Zersetzungsprozesse verfügbar. Zur nachlieferbaren Fraktion gehören die weniger fest gebundenen Nährstoffe. Das bedeutet, dass diese durch Verwitterung, Zersetzung oder Ionenausscheidung der Pflanzenwurzeln innerhalb einer Vegetationsperiode freisetzbar sind. Von Bodenpartikeln adsorbierte, also angelagerte Nährstoffe, bilden die austauschbare Fraktion. Diese sind, wie der Name schon sagt, gegen Ionen aus der Bodenlösung oder den von Pflanzen ausgeschiedenen Ionen austauschbar. Die letzte Stufe ist die lösliche Fraktion. Damit meint man alle im Bodenwasser gelösten, also sogenannten „freien“ Ionen, die die Pflanzen mithilfe ihrer Wurzeln direkt aufnehmen können.

Zusammengefasst wird die Verfügbarkeit von Nährstoffen also von der Bodenfeuchte und der Bodenreaktion beeinflusst. Bei der Speicherfähigkeit von Nährstoffen konnten wir unsere Überlegungen in folgendem Grundsatz festhalten: Je geringer die Auswaschung der verfügbaren Nährstoffe, desto besser die Speicherfähigkeit des Bodens. Die Auswaschung ist dabei umso kleiner, je besser sich das Adsorptionsvermögen der Bodenpartikel verhält. Da huminstoff- und tonhaltige Böden die Nährstoffe besser speichern, schlussfolgerten wir, dass die Speicherfähigkeit der Nährstoffe durch den Humusgehalt und dessen Zusammensetzung sowie den Bodenarten beeinflusst wird.

Die Verfügbarkeit und Speicherfähigkeit von Nährstoffen definiert schlussendlich die Bodenfruchtbarkeit und hat damit einen entscheidenden Anteil an der Ertragsausbildung. Zudem sollte der Boden möglichst hemm- und schadstofffrei sein, schließlich sind diese weder für die Pflanzen, noch für uns Menschen gesund.



Abb. 25: Fruchtbarer Boden

Ein Beispiel für einen fruchtbaren Boden stellte unserer Ansicht nach das obenstehende Bild dar, da dieser die Parameter zum Beispiel mit seiner dunklen Farbe, dem grünen Rasen und der angemessenen Bodenfeuchte sichtlich gut erfüllt.

Da die Bodenarten in der Bodenfruchtbarkeit eine wesentliche Rolle spielen, beschäftigten wir uns im Anschluss mit der Fruchtbarkeit der verschiedenen Bodenarten. Die untenstehende Tabelle macht ersichtlich, dass sowohl Sand, also auch Ton deutliche Vor- und Nachteile haben. Schluff dagegen nimmt in unseren Augen eine Mittelstellung ein und ist in allen Bereichen vorteilhaft.

Parameter	Sand	Schluff	Ton
Porung	groß	mittel	klein
Durchwurzelbarkeit	gut	in Ordnung	schlecht
Durchlüftung	intensiv	relativ gut	schlecht
Bodenfeuchte	gut	mittelmäßig	schlecht
Wasserspeicherkapazität	gering	mittelmäßig	hoch
Nährstoffgehalt	gering	ausreichend	hoch
Adsorptionsvermögen	gering	mittelmäßig	hoch
Erwärmung	schnell	mittelmäßig	langsam
Bearbeitbarkeit	leicht	relativ leicht	schwer
Auswaschung	schnell	relativ gering	gering

Abb. 26: Die Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten.

Anthropogene Einflüsse auf den Boden

SOPHIA HÄUSSLER

Anthropogene Einflüsse sind Einflüsse, die der Mensch auf den Boden ausübt. Dazu zählen nicht nur Bewässerung, die zum Beispiel zu Versalzung führen kann, sondern auch Bodenbearbeitung, Düngung und Veränderung des Bodens durch Druck. Wird der Boden befahren, verdichtet er sich, das lockere Gefüge wird verfestigt und das Wurzelwachstum der Pflanzen wird gestört.

Um das zu verhindern, ist ein aktives Bodenleben wichtig, welches allerdings durch Bearbeitung massiv beeinflusst wird. Durch Pflügen beispielsweise werden die Gänge der Regenwürmer abgeschnitten oder zerstört. Das führt dazu, dass das Bodenleben nicht mehr arbeiten kann und folglich schwindet. Dadurch verringern sich Bioturbation und Humusbildung. Der Boden kann so zum einen schlechter Nährstoffe und Wasser speichern und zum anderen muss verstärkt gedüngt und bearbeitet werden, um einen fruchtbaren und lockeren Boden zu erhalten. Auch eine enge Fruchtfolge, die übermäßig humuszehrende Pflanzen enthält, wirkt sich negativ auf den Nährstoffhaushalt des Bodens aus.

Wir beschäftigten uns auch mit weiteren anthropogenen Einflüssen wie beispielsweise Rodung, Entwässerung, Müll- und Klärschlammdeponie, aber auch mit der Abtorfung von Hochmooren. Während wir Abgase und Atommülllager nur kurz erwähnten, beschäftigten wir uns sehr intensiv mit Insektiziden, also Mitteln, die gegen schädliche Insekten angewandt werden. Wir diskutierten den Einfluss von Insektiziden in zwei Gruppen, wobei die eine die Befürworter und die andere die Gegner vertrat. Nach einer Recherche im Internet und in Fachbüchern, in welcher wir Argumente sammelten, führten wir eine teilweise recht hitzige Debatte.

Die Contra-Seite argumentierte gegen den Einsatz von Insektiziden, weil sie diesen für das Sterben von Bienen und anderen nützlichen Insekten verantwortlich machte. Die Pro-Seite hingegen vertrat die Meinung, dass manche Schädlinge nur durch Insektizide bekämpft wer-

den könnten und dass bei richtiger Anwendung keine nützlichen Insekten zu Schaden kämen. Schließlich einigten wir uns darauf, dass das Gesetz verschärft werden müsste und mehr Kontrollen durchgeführt werden müssten, um die richtige Anwendung von Insektiziden zu gewährleisten. Zudem hielten wir es für sinnvoll, die Schädlinge zunächst mit biologischen Mitteln zu bekämpfen.

Ein ebenfalls sehr wichtiger anthropogener Einfluss ist die Düngung. Diese ist notwendig, um dem Boden möglichst alle Nährstoffe wieder zuzuführen, die durch die Ernte abgefahren werden. Dabei ist allerdings auf die Vermeidung einer Überdüngung zu achten, da manche Dünger Nährstoffe enthalten, die ausgewaschen werden können und somit das Grundwasser belasten würden.

Um herauszufinden, wie stark welche Nährstoffform ausgewaschen wird, haben wir einen Auswaschungsversuch durchgeführt. Dazu füllten wir ein wenig Watte und je zwei verschiedene Böden in zwei Glaszylinder, die mit einem Stopfen verschlossen wurden, durch den ein Glasrohr führte. Uns standen zwei Stickstoffdünger zur Verfügung: Kalkammonsalpeter, welcher Stickstoff sowohl in Form von Ammonium als auch in Form von Nitrat enthält, sowie schwefelsaurer Ammoniak, welcher ausschließlich Ammonium enthält. Wir stellten aus beiden Düngern je eine mit 100 g pro Liter konzentrierte wässrige Lösung her, von der wir je 100 ml in die jeweiligen Glaszylinder gaben. Unter dem Stopfen mit dem Glasrohr stand ein Becherglas, in welches nach einigem Warten eine klare Lösung tropfte.

Den Ammoniumtest führten wir sowohl mit der Lösung, die durch den mit Kalkammonsalpeter gedüngten Boden sickerte, als auch mit der Lösung, die durch den mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Boden gesickert war, durch. Dafür entnahmen wir beiden Bechergläsern je 5 ml der Lösung, tropften 12 Tropfen von $\text{NH}_4\text{-1}$ zu und gaben einen gestrichenen Löffel von $\text{NH}_4\text{-2}$ hinein. Anschließend warteten wir fünf Minuten und gaben dann fünf Tropfen von $\text{NH}_4\text{-3}$ dazu. Nach sieben weiteren Minuten sollte die Lösung eine grüne Färbung annehmen, was allerdings nicht geschah. Wir schlossen daraus,

dass kein Ammonium ausgewaschen wurde.

Für den Nitrattest, welchen wir nur mit der Lösung, die durch den mit Kalkammonsalpeter gedüngten Boden sickerte, durchführten, entnahmen wir ebenfalls 5 ml der Lösung. Dann gaben wir zwei Messlöffel von $\text{NO}_3\text{-1}$ hinzu, schüttelten das Ganze eine Minute lang und warteten anschließend noch weitere fünf Minuten. Diesmal nahm die Lösung einen kräftigen Rotton an, was darauf schließen ließ, dass in der Lösung ungefähr 150 mg Nitrat pro Liter vorhanden waren.



Abb. 27: Unser Auswaschungsversuch

Zusammenfassend konnten wir in diesem Versuch feststellen, dass es zur Auswaschung von Nitrat kommt, wenn die Pflanzen es gerade nicht benötigen. Da Ammonium nicht ausgewaschen wird, konnten wir es bei unserem Versuch nicht nachweisen. Tatsächlich enthält der schwefelsaure Ammoniak ca. 11 % und der Kalkammonsalpeter ca. 13,5 % Ammonium.

Unsere Exkursion

SOPHIA HÄUSSLER

Am Montag, unserem Exkursionstag, kam Klaus Keppler, ein Landwirt, zu uns. Wir wollten uns an diesem Tag damit auseinandersetzen, wie unser Gelerntes in der Realität aussieht. Morgens fuhr Theo uns zu einem Bauernhof, wo wir drei Profile gruben: Eins im Wald, eins auf der Wiese und eins auf dem Acker. Wir sahen uns die verschiedenen Böden an und bewerteten sie.



Abb. 28: Auf unserer Exkursion

Im Wald ließ sich das Profil sehr gut graben, da der Boden sehr locker war. Die Farbe des Bodens veränderte sich von oben nach unten hin von schwarz zu braun. Das liegt daran, dass der A-Horizont im Wald sehr humos ist, weil dort eine hohe biologische Bodenaktivität vorliegt. Das Fehlen von Regenwurmgängen verwunderte uns. Eine Erklärung hierfür konnten wir jedoch nicht finden.

Das Profil auf der Wiese ließ sich ebenfalls noch recht gut graben, allerdings wurde der Boden mit zunehmender Tiefe fester. Auch hier konnte man den humosen Oberboden erkennen; er war aber nicht so mächtig wie im Wald. Der Boden war so gut durchwurzelt, dass man ein gut 30 cm tiefes Stück am Gras hochhalten konnte, ohne dass Erde nach unten fiel. Das lag wohl teilweise an den Regenwürmern, denn hier konnten wir mehrere Gänge finden. Man konnte gut sehen, wie sie an den Wänden mit Kot ausgekleidet waren und wo sie in den Boden hineinführten.

Das Graben auf dem Ackerboden ist uns am

schwersten gefallen. Zwar war er oben von der Bearbeitung aufgelockert, allerdings verfestigte er sich mit zunehmender Tiefe schnell. Hier konnte man Farbunterschiede, aber keinen Humus, erkennen. Die Durchwurzelung war gut, und man konnte auch ein paar Regenwurmgänge ausfindig machen, woran man erkennen konnte, dass dieser Acker nicht gepflügt wurde, da es dort sonst keine Regenwürmer gegeben hätte.

Am Nachmittag diskutierten wir noch ausführlich die verschiedenen anthropogenen Einflüsse, wie Nitratauswaschung in das Grundwasser und Bodenbearbeitung. Wir sprachen jedoch auch über die niedrigen Milchpreise oder den Bio-Trend.

Das Sportfest

SARAH WETZEL

Beim Sportfest wurde unser Kurs vor mehrere Herausforderungen gestellt. Aber dank unserer guten Gruppengemeinschaft, der Mithilfe und der Ideen von jedem Einzelnen meisterten wir diese alle mit Erfolg und errangen einen wohlverdienten 2. Platz, auf den wir auch sehr stolz sind.



Zuerst sollten wir unsere gesamte Gruppe durch ein Spinnennetz befördern, ohne dieses zu berühren. Dabei durfte jede Lücke aber nur ein einziges Mal benutzt werden. Unser Teamkapitän Nico entwickelte aber schnell eine Strategie und wir legten los. Das Ganze machte sehr viel Spaß. Nun ging es weiter zu dem großen, aus Holz gebauten A. Mit diesem und unserer Körperkraft sollten wir unseren Schülermentor Lucas sicher über die Ziellinie

bringen. Lucas hat uns außerdem viele hilfreiche Schlachtrufe gedichtet, mit denen wir unsere Rivalen in Verlegenheit brachten, bis sie nichts mehr erwidern konnten. Weiter ging es: Wir stachen mit einem Wikingerschiff in die weite und gefährliche See. Wieder unter Kommando von Kapitän Nico und durch viel Teamarbeit meisterten wir diese Aufgabe erfolgreich. Leider hatten wir aber drei Opfer für dieses Ziel erbracht.

Na ja, auf zur nächsten Station: Hier bestand die Aufgabe darin, ein Tuch zu wenden, während wir auf ihm standen. Das war gar nicht so einfach, und bald waren nur noch drei Personen auf dem Tuch. Doch diese meisterten das Umdrehen innerhalb kürzester Zeit, sodass wir doch noch einige Punkte holen konnten.

Bevor es weiter gehen konnte, mussten wir erst einmal ca. eine Viertelstunde warten, da noch eine andere Gruppe an dieser Herausforderung knabberte. Wir waren wohl einfach zu schnell gewesen. Bei dieser Station wurde von uns gefordert, Teebeutel möglichst weit zu spucken. Zwar war der Kamillegeschmack nicht sehr angenehm, aber mit viel Speichel und schnellem Anlauf erzielten wir Höchstleistungen.

Nur noch zwei Stationen waren zu bewältigen. Zuerst wurden wir dazu aufgefordert, ein Lied zu singen. Wir kamen sofort auf die glorreiche Idee dieses im Kanon zu versuchen und uns dadurch einige Extrapunkte zu sichern. Eine kleine Schwierigkeit war jedoch, dass manche von uns den Text des Liedes nicht kannten. Doch nach schnellem Beibringen war diese Schwierigkeit gleich behoben und wir schmetterten Elisabeth und Johannes „Fuchs, du hast die Gans gestohlen“ entgegen. Bei ihnen bekamen wir noch die Aufgabe uns an den Händen zu fassen und alle, ohne uns loszulassen, durch einen Hoola-Hoop-Reifen zu steigen. Da einigen von uns die Lösung schon aus der Kindheit bekannt war, war auch dies keine Schwierigkeit für uns.

Nun kamen wir zur letzten Aufgabe. Hier sollten wir einen Ball auf einem Ring, an dem zwölf Schnüre befestigt waren, auf einer leeren Flasche ablegen. Auch dies gelang uns durch höchste Konzentration und Teamarbeit gleich beim ersten Versuch. Bei dem darauf-

folgenden Finale waren wir leider nicht allzu erfolgreich. Durch bloßes Klopfen auf Schultern und Kopf sollte man eine dreistellige Zahl und ihre Farbe weitergeben, doch dies gelang uns nicht. Trotzdem bekamen wir bei dieser Aufgabe einige Fairnesspunkte. Unser Mitstreiter Tim, der ganz vorne saß, konnte die gesuchte Zahl durch eine Spiegelung sehen. Dennoch teilte er der zuständigen Schülermentorin die falsche Farbe, die von hinten kam, mit. Wir hatten an diesem Nachmittag viel Spaß und er hat unsere Gruppengemeinschaft auch sehr gestärkt.



Unser Fazit

SARAH GERINGER

In den zwei Wochen intensiver Kursarbeit hat uns die Frage: „Boden – Ist das wirklich alles Dreck?“, kontinuierlich begleitet. Immer konnten wir dabei Neues erfahren, beziehungsweise entdecken und uns weitere spannende Zusammenhänge des Bodens erschließen. Schlussendlich stellten wir fest, dass wir ohne den Boden nicht leben können. Aus diesem Grund ist das Jahr 2015 zum „Internationalen Jahr des Bodens“ bestimmt worden. Dies soll auch ein Appell sein, ein Bewusstsein für die Bedeutung und den Schutz der Böden zu entwickeln, damit die Welternährung auch in Zukunft gesichert sein wird, denn schließlich sollen die Böden von heute auch morgen noch genügend Früchte für alle bringen. Deshalb ist Boden für uns kein Dreck, sondern ein sehr komplexes und wertvolles Ökosystem.

Quellenverzeichnis

Literaturangaben

Scheffer/Schachtschabel; „Lehrbuch der Bodenkunde“, 15.Auflage; Spektrum Verlag
Norbert Lütke Entrup/Jobst Oehmichen; „Lehrbuch des Pflanzenbaues“, Band 1 & 2
Ernst Schlichting/Hans-Peter Blume/Karl Stahr; „Bodenkundliches Praktikum“; 2. überarbeitete Auflage;
Blackwell Wissenschaftsverlag Berlin
D.L.Rowell; „Bodenkunde“; Springer Verlag
Karl Stahr/Ellen Kandeller/Ludger Herrmann/Thilo Streck; „Bodenkunde und Standortlehre“; 2. Auflage; Ulmer
Verlag
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12207.htm>
<http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/magmatite/9896>
Für Abb. 26: <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/03/06.htm>
und <http://www.ahabc.de/bodeneigenschaften/korngroessen>

Bildquellen

Abb. 1: Wikimedia (Hridith Sudev Nambiar, CC BY-SA), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SOIL_PROFILE.png
Abb. 2: Wikimedia (Dave Dyet) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barkevikite_Syenite_-_igneous_rock_near_the_Dallas_Gem_Mine_San_Benito_County_California.jpg
Abb. 5: Hirt's Stichwortbücher, Bodenkunde in Stichworten, 6. Auflage S. 44
<http://www.schweizerbart.de/9783443031206>
Abb. 8: fossilien.de, <http://www.fossilien.de/seiten/bernstein/pseudoskorpion.jpg>
Abb. 9: Wikimedia (Rob Hille, CC BY-SA), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earthworm_01.jpg
Abb. 10: Wikimedia (Rob Hille, CC BY-SA), [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eisenia_foetida_R.H._\(8\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eisenia_foetida_R.H._(8).JPG)
Abb. 11 : Wikimedia (GrahamColm at en.wikipedia, CC BY-SA), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Actinomyces_israelii.jpg
Abb. 16 : verändert nach Wikimedia (Wikimedia-User Solum, CC BY-SA), <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pararendzina.jpg>
Abb. 25 : Wikimedia (Wikimedia-User w:de:User:Michael Linnenbach, CC BY-SA), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lumbricus_terrestris.JPG

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 13. JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die H. W. & J. Hector Stiftung, durch die Stiftung Bildung und Jugend sowie den Förderverein der Science-Academy unterstützt. Dafür möchten wir an dieser Stelle allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science-Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem Leiter der Abteilung 7 des Regierungspräsidiums Karlsruhe, Herrn Vittorio Lazaridis, der Referatsleiterin Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Herrn Dr. Hölz vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt, mit seinem Team.

Wie in jedem Jahr fanden die etwas über einhundert Gäste sowohl während des Eröffnungswochenendes und des Dokumentationswochenendes als auch während der zwei Wochen im Sommer eine liebevolle Rundumversorgung am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim. Stellvertretend für alle Mitarbeiter möchten wir uns für die Mühen, den freundlichen Empfang und den offenen Umgang mit allen bei Herrn Oberstudienleiter Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, besonders bedanken.

Zuletzt sind aber auch die Kurs- und KüA-Leiter gemeinsam mit den Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Jörg Richter, der auch in diesem Jahr für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und die sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Vertrauen ganz herzlich bedanken.