Geographiedidaktische Forschungen | Band 55

Kerstin Drieling (2015)

Schülervorstellungen über Boden und Bodengefährdung.
Ein Beitrag zur geographiedidaktischen Rekonstruktion.
Münster.

Anhang | Zusatzmaterialien

Inhalt

3.5 ERGEBNISSE DER FACHLICHEN KLÄRUNG 3

3.5.1 Untersuchungsaufgabe 1: FALLOU (1865): Die Anfangsgründe der Bodenkunde. 3

3.5.2 Untersuchungsaufgabe 2: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden – Hauptgutachten 1994. Bonn. 25

3.5.3 Untersuchungsaufgabe 3: H.-P. BLUME ET AL. (Hrsg.) (^{3}2004): Handbuch des Bodenschutzes. Augsburg. 72

ANHANG I: *Materialien für das Interview*
Bei Interesse an den Materialien, wenden Sie sich bitte an die Autorin.

ANHANG II: *Hinweise zur Struktur-Lege-Technik*
Bei Interesse an den Materialien, wenden Sie sich bitte an die Autorin.

ANHANG III

Teil A: Auswertungsschritte: Redigierte Aussage, Geordnete Aussage, Explikation und Einzelstrukturierung

Teil B: Interviewtranskripte
Bei Interesse an den Transkripten, wenden Sie sich bitte an die Autorin.

Das Promotionsprojekt wurde von 05/2009 bis 06/2011 durch das **Brigitte-Schlieben-Lange-Programm für Nachwuchswissenschaftlerinnen mit Kind des Landes Baden-Württemberg** unterstützt.

Herzlichen Dank für diese Förderung!

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einteilung des Mineralreiches nach FALLOU (1865) (eigene Darstellung) 5
Abbildung 2: Prozesse der Bodenbildung nach FALLOU (1865) (eigene Darstellung) 6
Abbildung 3: Bodenversauerung (WBGU 1994, S. 66) 30
Abbildung 4: Bodenverdichtung (WBGU 1994, S. 55) 31
Abbildung 5: Wassererosion (WBGU 1994, S. 53) 33
Abbildung 6: Bewertungsschema (WBGU 1994, S. 60) 36
Abbildung 7: Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht: Einwirkungen (WBGU 1994, S. 146) 41
Abbildung 8: Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht: Auswirkungen (WBGU 1994, S. 176) 42
Abbildung 9: Hauptsyndrome der anthropogenen Bodendegradation (WBGU 1994, S. 154) 44
Abbildung 10: Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht: Dust-Bowl-Syndrom (WBGU 1994, S. 159) 46
Abbildung 11: Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht: Saurer-Regen-Syndrom (WBGU 1994, S. 170) 48
Abbildung 12: Arbeitsfelder des WBGU innerhalb des Syndromansatzes (eigene Darstellung) 56
Abbildung 13 : Struktur der Denkfigur Bodendegradation (eigene Darstellung) 63
Abbildung 14: Eigenschaften einer Braunerde aus Granit (Teilausschnitt BLUME 2004.1, S. 4) 73
Abbildung 15: Abbau und Umformung von Pflanzenstreu (BLUME 2004.2, S. 22) 77
Abbildung 16: Bedeutung einer Bodendeformation durch Verdichtung und Scherung in einem aggregierten, ungesättigten Boden für die Porenkontinuität und Folgen für den Wasser- und Gasfluss (schematische Darstellung BLUME 2004, S. 204, gekürzt) 83
Abbildung 17: Druckverteilung (Linien gleicher Drücke) bei gleicher Radlast unter Schlepperreifen unterschiedlicher Breite (HORN, R. 2004.3, S. 677) 86
Abbildung 18: Schema des Erosionsverlaufs am Hang (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 223) 88
Abbildung 19: Schematische Darstellung des Zusammenwirkens der Bewegungsformen der Bodenpartikel verschiedener Größenordnung bei Winderosion (HASSENPFLUG 2004.1, S. 232) 92
Abbildung 20: Reaktionen von Luftschadstoffen und relativen Spezifizierungen der atmosphärischen Deposition (SCHIMMING 2004.1, S. 301) 96
Abbildung 21: Vertikaler Schnitt durch den Boden von der Erdoberfläche bis in das Untergrundgestein, aus dem die Beziehungen zwischen Regolith und Boden ersichtlich wird (MCKNIGHT/HESS 2009, S. 453). 105

3.5 Ergebnisse der fachlichen Klärung

3.5.1 Untersuchungsaufgabe 1: FALLOU (1865): Die Anfangsgründe der Bodenkunde.

3.5.1.1 Zusammenfassung FALLOU

Kritik und Plädoyer für Bodenkunde als eigenständige Wissenschaft (S. 3, 4-6, 8, 15)

FALLOU (1865) kritisiert die Wahrnehmung der Erde in der Gesellschaft. Sie wird von der Menge und dem Großteil der Bevölkerung als *„hässlicher Schmutz“* und *„fataler, lästiger Staub“* angesehen, *„den man nicht gerne einmal in die Hand nimmt“* (FALLOU 1865, S. 3, 5, 15). Ferner ist alles, was bis zu diesem Zeitpunkt geschrieben wurde nur auf die Landwirtschaft und die optimale Nutzung des Bodens bezogen. Das drückt sich z. B. in der Bewertung des Bodens nach rein ökonomischen Standpunkten, der Kultur- und Ertragsfähigkeit des Bodens aus. Dementsprechend werden die Ackererden nach der Eignung für den Anbau verschiedener Nutzpflanzen, z. B. Gersten-, Hafer-, Weizenboden, oder nach der Bearbeitbarkeit, z. B. schwerer und leichter, kalter und warmer Boden, benannt.

FALLOU (1865) macht sich dagegen für eine Bodenkunde als eigene Naturwissenschaft stark, welche sich mit dem Boden als Naturprodukt, dementsprechend mit dem nutzlosen und unfruchtbaren Boden ebenso beschäftigt wie mit der nutzbaren und fruchtbaren Ackererde. Für eine solche wissenschaftliche Bodenkunde stellt er Leitfragen auf, die sich mit den Fragen bezüglich seiner Wesenheit, Beschaffenheit, Räumlichkeit und Verschiedenheit beschäftigen soll. Als mögliche Untersuchungsrichtungen benennt er die geognostische, die mineralogische, die chemische und die physikalische Richtung. Die Geognosie, die Mineralogie, die Chemie und die Physik werden als Hilfswissenschaften für die Bodenkunde angesehen. Er hält die geognostische Richtung dabei für die wichtigste, da er davon ausgeht, dass man ohne Kenntnis des Grundgebirges kaum Aussagen über den daraus entstandenen Boden machen kann. Sein gesamtes Werk ist daher auf den geognostischen Schwerpunkt ausgerichtet.

FALLOU (1865) stellt in seinem Werk daher eine neue Kategorisierung der Böden nach geologischen und mineralogischen Gesichtspunkten auf.

Bodenfunktionen (S. 4, 9, 12)

FALLOU (1865) sieht die wichtigste Funktion des Bodens als Grundlage des Lebens: Mutter Erde ist die *„Grundbedingung allen Lebens, der mütterliche Schooß, der alles Lebendige erzeugt und am Leben erhält, das unerschöpfliche Füllhorn, aus welchem uns Nahrung und Kleidung und alle Bedürfnisse und Genüsse dieses irdischen Lebens gespendet werden“* (FALLOU 1865, S. 4).

FALLOU (1865) argumentiert teleologisch und weist dem Boden den Zweck zu, den Menschen zu ernähren.

Dies zeigen die folgenden Zitate sehr eindrücklich:

„… nichts in der Welt ist lediglich um seiner Selbstwillen da…. Der Boden ist vorhanden, um uns zu nähren und zu kleiden, er ist also offenbar, wie alles andere in der Natur, lediglich für den Menschen da; ohne Boden wäre ja überhaupt kein Leben und die ganze Erde ein unbewohnbarer Felsblock.“ (FALLOU 1865, S. 161)

„Doch auch der Mensch will leben und gleichwohl bot ihm die Natur nicht überall viel zum Leben dar. So zwang ihn denn die Noth, Hand an den Pflug zu legen, er lernte den Acker bauen, und hiermit erhielt der Boden seine ***letzte und höchste Bestimmung, den Anbau zum Acker****. In dieser Hinsicht ist er allerdings nur für den Menschen da.“* (FALLOU 1865, S. 163, Hervorhebung durch die Autorin)

Boden ist die Grundlage für die Pflanzenernährung und unentbehrlich zur Erzeugung der Lebensbedürfnisse. Außer dieser grundlegenden Funktion wird das Erdreich vom Menschen als Baumaterial zum Haus- und Straßenbau (Steine, Kies, Ton), Material zur Herstellung von Geschirr (Ton), zur Energiegewinnung (Kohle) und zur Metallgewinnung genutzt.

Da es auch Boden gibt, der sich nicht zum Ackerbau eignet, muss er noch andere Funktionen haben:

Boden *„… muß in der Natur noch eine andere, allgemeiner Bestimmung haben, auch der todte, ausgebrannte und ausgefrorne Boden jeder Wüste kann nicht zwecklos sein.“* (FALLOU 1865, S. 162)

FALLOU (1865) spricht dem Boden **Regelungsfunktionen** zu, ob zur **Wärmeregulation** oder **Filter** für das Wasser. Er regelt den **Wasserkreislauf**, so dass es z. B. zu regelmäßigen Schüttungen aus Quellen kommt und dadurch ein *„gleichmäßig fortdauernder Wasserlauf“* möglich ist und es nicht zu periodischen Abflüssen mit hoch anschwellenden Flüssen zu Überflutungen kommt.

Weiterhin trägt Boden zur Erhaltung der Tier- und Pflanzenwelt bei, da Pflanzen sich vom Boden und die Tiere von den Pflanzen ernähren. FALLOU (1865) sieht im Boden ein Archiv für die Geschichte der Erde.

Boden Definition und Begriffe (S. 6, 20-22, 31)

FALLOU (1865) teilt das Mineralreich in das Erdreich und die Steine (Abbildung 1). Das **Erdreich** unterteilt er wiederum in **einfache** und **gemengte Erden**. Einfache Erden sind dabei Elemente und Grundstoffe, die nach seiner Aussage aber nicht oder nur selten in der Natur vorkommen. Die **Ackererden** gehören zu den gemengten Erden und bestehen aus Verbindungen der einfachen und elementaren Erden mit mineralischen und auch organischen Stoffen. In ihnen sind vor allem Aggregate von mehr oder weniger zersetzten Mineralien und Gesteinen enthalten. Sie bilden eine dichte, feste oder lockere, zerreibliche oder völlig lose Masse aus Staub, Sand, Grus und Geschiebe. Die Gesamtheit der Ackererden mit dem unzersetzten, losen Felsgetrümmer, den Geröllen und Geschieben, die als äußere Decke des Grundgebirges fungieren, wird als Boden bezeichnet. Dabei ist **Boden** das zerfallene und teilweise zersetzte, in seiner Form und Substanz vollkommen veränderte Grundgestein. Boden kann aber auch aus vulkanischen Aschen und Schlacken bestehen oder ein rein organischer Körper (z. B. Torf) sein. Zum Boden gehört für FALLOU (1865) auch die gesamte Decke, alles auf dem Tertiären Aufliegende, also auch alle Ablagerungen quartären fluviatilen, glazialen, äolischen und marinen Ursprungs, die heute als Lockergestein bezeichnet werden würden.

„Wir haben als Boden erklärt alles, was unter dem Wasser erweicht und zerfällt und was über dem Grundgebirge, also mindestens über dem so genannten tertiären Gebirge liegt“ (FALLOU 1865, S. 108)

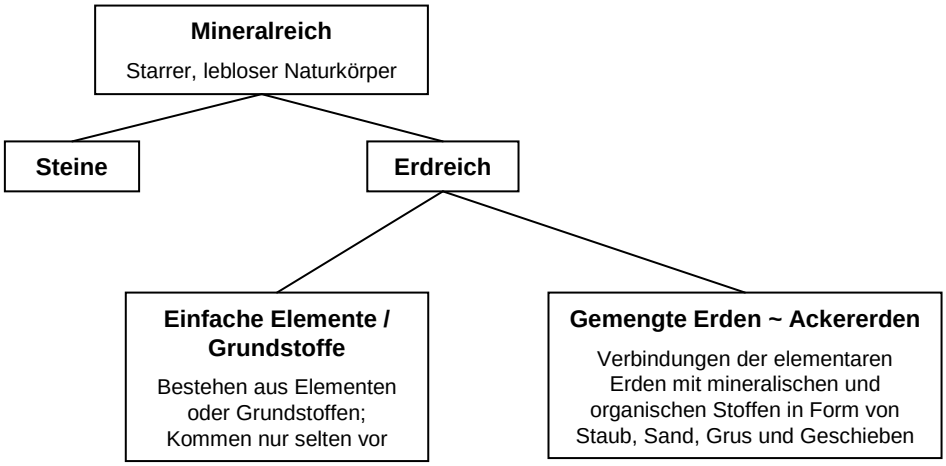

Abbildung 1: Einteilung des Mineralreiches nach FALLOU (1865) (eigene Darstellung)

Der Begriff Boden wird als Hauptbegriff für alle nutzbaren und unnutzbaren Bodenarten (z. B. Ackerboden, Kies- oder Geröllboden) gebraucht. Boden kann dabei ausschließlich aus organischem Material, ausschließlich aus anorganischem Material oder aus einem Gemenge der beiden bestehen.

FALLOU (1865) unterscheidet weiterhin nach der Entstehung zwischen angestammtem und angeschwemmtem Boden. Die Unterschiede werden in den Kapiteln Bodenbildung und Aufbau des Bodens noch genauer erläutert.

Ackerboden ist jeder zur Landwirtschaft bzw. zum Anbau tauglicher Boden und **Ackererde** ist der Teil des zersetzten Gesteins, der aus einem Gemenge verschiedener zersetzter mineralischer Bestandteile zusammengesetzt ist und organische Stoffe enthält. Als **Ackerkrume** wird der obere Teil des Bodens bezeichnet, der durch den Pflug bearbeitet wird. Die im Boden befindlichen organischen Stoffe werden **Humus** genannt.

Der Begriff **Bodenarten** wird in Bezug auf die verschiedenen vorkommenden Böden bezogen. Sie entstehen durch die unterschiedliche Zusammensetzung und Verbindung der Elementarbestandteile und werden nach mineralogischen Aspekten klassifiziert, z. B. Geröll- und Kiesboden, Thon-, Kalk- und Talkerde, Glimmernschieferboden, Keupersandsteinboden, Kleimoorboden usw.

Bodenbildung (S. 11, 24-28, 55)

Die **Bodenbildung** wird als:
„Umwandlung des festen Gesteins in Ackererde… theils durch mechanische Gewalt (Zertrümmerung),… theils durch chemische Zersetzung und Auflösung (Verwitterung)…“ beschrieben (FALLOU 1865, S. 25).

Die Verwitterung im Mineralreich wird mit der Verwesung im Tierreich verglichen. Die **Zertrümmerung** der Gesteine erfolgt hauptsächlich durch den Druck des Wassers aber auch der Luft oder verschlossener Dämpfe. Als Beispiele werden Sturmfluten, Lawinen, Wasserfälle, Erdbeben,

Vulkanausbrüche und auch die Frostsprengung, aus der der Einsturz ganzer Felswände resultieren kann, genannt. In Bächen und Flüssen löst Wasser kleine Gesteinssplitter und auch größere Steine, nimmt diese mit und zertrümmert dieselben. Sie werden als Staub mittransportiert und in den Ebenen an den Ufern zurückgelassen. Bei der **Verwitterung** wird das feste Gestein, z. B. mit Hilfe des in Luft und Wasser enthaltenen Sauerstoffs, zersetzt. So wird z. B. das in den Mineralien enthaltene Eisen unter Wasserzufuhr zu Eisenoxyhydrat verwandelt, was zu einer Volumenzunahme und folglich zu Spannungen und zur Sprengung des Gesteins führt. Oder das Wasser löst die Bindemittel, welche die Gesteine zusammenhalten, auf. Silikatgestein wird durch mit Kohlensäure verstärktes Wasser zersetzt. Im Wasser der Bäche und Flüsse werden auch chemisch gelöste Tonerde, kohlensaurer Kalk und Kali mitgeführt. Die Umwandlung vom Gestein zum Boden dauert Jahrtausende (Abbildung 2).

„Aller Boden entstand durch Zertrümmerung und Verwitterung, also durch Zerstörung der an der Erdoberfläche anstehenden, oder zu Tage ausgehenden Felsmasse…“ (FALLOU 1865, S. 27)

aber:

„Aller Boden, soweit er nicht ausschließlich aus organischen Stoffen besteht, ist zwar aus dem zu Tage liegenden Felsgestein unserer Erdoberfläche entstanden; aber nicht aller Boden hat sich da, wo er entstanden, unverändert erhalten, vielmehr ist ein Theil desselben, hier mehr, dort weniger von seinem ursprünglichen Lagergrund wieder hinweggeführt und in eine andere Gegend verschlagen worden“… „Aller Boden ist seinem Bestande nach und namentlich in seinen noch unzersetzten Mineralfragmenten entweder identisch mit seinem Grundgestein, oder er ist von diesem verschieden“ (FALLOU 1865, S. 55).

Weiter wird der Prozess der **Verwesung** abgestorbener Pflanzenteile beschrieben, aus dem Moder, eine Akkumulation verwesender organischer Körper, hervorgeht. Diese Zersetzung organischer Stoffe ist der eigentliche Prozess, der einen Boden in einen Ackerboden umwandelt.

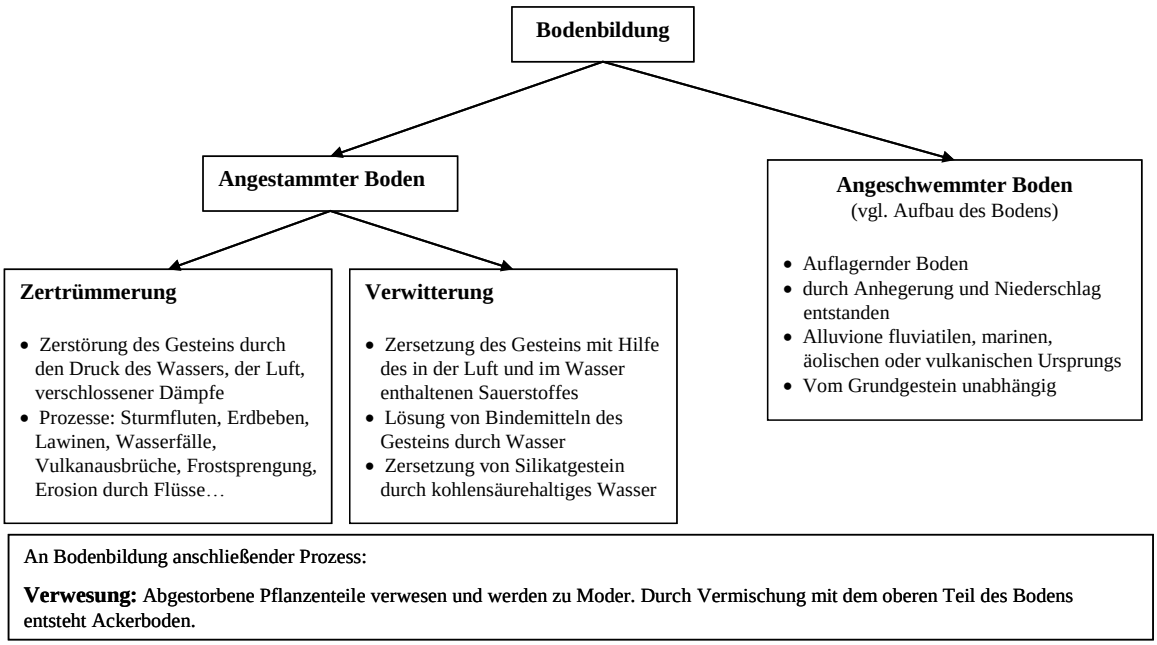

Abbildung 2: Prozesse der Bodenbildung nach FALLOU (1865) (eigene Darstellung)

FALLOU (1865) beschreibt also zwei grundsätzliche Entstehungsweisen des Bodens. Er kann an Ort und Stelle entstehen oder von seiner ursprünglichen Lagerstätte durch Wasser und Wind (Alluvione) an einen anderen Ort geführt werden. Ersterer wird von FALLOU (1865) als **angestammter Boden** bezeichnet. Der **angeschwemmte Boden** ist dagegen ein auflagernder Boden, welcher durch „Anhegerung“ und Niederschlag entstanden ist. Die Vorstellung, dass der angeschwemmte Boden als Diluvium abgelagert wurde, wird von FALLOU (1865) konsequent abgelehnt. Er geht von Alluvionen fluviatilen, marinen, äolischen und vulkanischen Ursprungs aus. Die Kenntnis des Grundgebirges ist von daher unabdingbar, um zu erkennen, ob der Boden ein Umwandlungsprodukt desselben oder ganz von ihm unabhängig ist.

Zertrümmerung/Verwitterung und Verwesung sieht FALLOU (1865) als nacheinander ablaufende Prozesse:

„Auch der Boden ist das Resultat einer Veränderung und Umgestaltung, denn uranfänglich war er festes Gestein. Was Pflanzen und Thiere beigetragen haben, kann erst hinzugekommen sein, nachdem schon Boden vorhanden war.“ (FALLOU 1865, S. 164)

Bodenbestandteile (S. 22, 27, 29, 31, 33)

In Bezug auf die Bodenbildung besteht Boden aus zersetzten, staub- und sandartigen Mineralfragmenten die auch im Ausgangsgestein vorhanden waren. Diese sind, durch in ihnen enthaltenen Zement oder durch gegenseitige Anziehungskraft, zu einer Masse miteinander verbunden. Aufgrund der Bestandteile im Felsgrund können auch im Boden nur folgende **Mineralien** im Boden vorkommen: Quarz, Feldspat, Glimmer, Chlorit, Hornblende, Augit, Kalk, Talk, Ton, Gips, Schwefel, Mangan und Eisen (S. 27). Im Folgenden werden die Elementar- bzw. Grundbestandteile der oben genannten einfachen Mineralien aufgezählt: Silizium, Aluminium, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Schwefel, Mangan und Eisen mit Kohlen-, Sauer- und Wasserstoff (S. 31). Jeder Boden enthält, zumindest im Obergrund, auch **organische Bestandteile**. Moder ist aber nur ein kleiner Teil des Bodens. In Ackererden kommen im oberen Teil auch noch Phosphor und Stickstoff, vor allem aber Kohlenstoff vor. Die Elementarteile sind im Boden an Moder und den Mineralien gebunden, einmal gelöst, gehen sie in die Pflanzen oder andere Körper über. Als die *„wichtigsten und allgemeinsten Bestandtheile“* werden *„Kiesel-, Thon-, Kalk- und Talkerde“* genannt (FALLOU 1865, S. 31).

In Form und Gestalt der Bestandteile des Bodens wird zwischen Blöcken, Geschiebe, Gerölle, Kies oder Grand, Grus, Sand (Pulver und Staub) unterschieden. Die Namen beziehen sich dabei nur auf Größe und Gestalt, nicht auf die Zusammensetzung derselben.

Merkmale des Bodens und Abgrenzung gegenüber anderer Naturkörper (S. 61-67, 121-123)

Der Boden unterscheidet sich gegenüber anderer Naturkörper vor allem im Hinblick auf die Farbe, das Gefüge, die Porosität und die Schwere.

Erde hat im Allgemeinen eine *„sehr unreine und schmutzige, aus allen fünf Grundfarben gemischte Farbe. Vorherrschend bleibt braun und gelb, die man als Hauptfarben des Bodens betrachten kann…“* (FALLOU 1865, S. 62).

Die **Farbe** wird als abhängig vom Ausgangsgestein beschrieben und wird größtenteils durch das Vorhandensein von Eisen und Mangan bestimmt. Als **Gefüge** wird die Art und Weise bezeichnet, wie die einzelnen in Form, Größe und Bestand unterschiedlichen Teile des Bodens miteinander verbunden sind. Unterschieden wird zwischen losen und bündigen Gefügen. Unter **Porosität** sind die kleinen Zwischenräume, Poren, gemeint, die die einzelnen Bestandteile des Bodens voneinander trennen. Die **Schwere** des Bodens beträgt das 2-3fache der Schwere des Wassers. Sie ist abhängig vom „Bestand" (und damit vom Ausgangsgestein), vom „Gehalt" (z. B. steiniger oder erdiger Boden), vom Anteil des Moders und vom Anteil des Eisenoxyds.

Weiterhin ist Boden für FALLOU (1865) nicht lebendig. *„Boden hat mit Pflanzen oder anderen organischen Wesen nichts gemein"* (S. 121).

Vom Gestein wird Boden gesondert abgegrenzt. FALLOU (1865) verweist darauf, dass

- Boden im Gegensatz zum Gestein abhängig von der **Höhenlage** ist:

  „ .. das Gestein bleibt sich gleich, vom Fuße bis zum Gipfel, aber der Boden der darauf lagert, ist ein ganz anderer in 500' oder in 5000' Höhe… (S. 122)

- Gestein viel mächtiger ist als Boden. Die **Mächtigkeit** des Bodens beziffert FALLOU (1865) zwischen 5' bis 300' (angeschwemmter Boden der Nord- und Ostseeküste). Das Gestein des Grundgebirges geht dagegen bis in „ungemessene Tiefen". Boden wird verglichen mit einem lockeren Anflug von Staub oder Rost auf poliertem Metall.
- Gestein eine größere **Festigkeit** als der Boden besitzt und der größte Teil der Gebirgsarten einen 40-50-mal stärkeren Druck aushalten als die dichteste Ackererde.
- Boden und Gestein sich durch ihre **Porosität** und **Durchlässigkeit** unterscheiden. Gesteine werden durch Wasser weder aus ihrem Zusammenhang gebracht noch chemisch zerstört. *„Festes Gestein bleibt auch unter Wasser fest"* (S. 123). Wird Boden von Wasser durchdrungen, wird die engere Bindung seiner Bestandteile aufgehoben. Boden kann im Vergleich zu Gestein viel mehr Wasser aufnehmen. Er wird durchweicht und gelockert, teilweise verflüssigt und beweglich. Es kann zur Erosion kommen. Boden wird *„…durch Strömung schwebend von seiner Lagerstätte hinweg und in eine andere Gegend geführt"* (S. 123).

Aufbau des Bodens: Lagerung und Schichtung (S. 106, 107, 109-120)

Über dem Lagergrund (Ausgangsgestein) ist der Boden in einzelnen Schichten ausgebreitet. Dieses wird als Struktur oder **Lagerung** bezeichnet.

„Lagerung ist die Art und Weise, in welcher sich der Boden auf dem Lagergrund, oder der Auflagerungsfläche seines Grundgebirges ausgebreitet und abgelagert hat" (FALLOU 1865, S. 109).

FALLOU (1865) beschreibt zwei Lagerungsweisen. Die Lagerung kann „abhängig und abschließend" sein. Damit ist die Bodenart von der Gebirgsart als Untergrund abhängig und in ihrer Ausbreitung an die des Gesteins gebunden. Dieser Boden wird als **angestammter Boden** bezeichnet. Die Lagerung ist

in diesem Fall ungeschichtet, besteht nur aus einer Bodenart bzw. einer ungeteilten Lage. Die Grenze zwischen Fels und Boden ist nur schwer auszumachen. Je nach Ausgangsgestein kommt es zu tiefer oder nur ganz oberflächlicher Verwitterung.

Die Lagerung kann auch unabhängig und übergreifend sein und ist beim **angeschwemmten Boden** der Flutregionen zu finden. Die Ausdehnung ist damit unabhängig vom Ausgangsgestein. So breitet sich z. B. Lössmergel über unterschiedlichen Ausgangsgesteinen aus. Bei angeschwemmtem Boden ist eine klare Trennlinie zwischen Boden und Gestein zu erkennen. Die Lagerung ist meist geschichtet. Der angeschwemmte Boden entsteht durch unterschiedlichste Ablagerungen. FALLOU (1865) nennt in diesem Zusammenhang Anschwemmungen, Fluss-Alluvione, Vulkanische Aschen und Schlackesande, Niederschläge aus der Atmosphäre, wie Lössablagerungen über Granit oder Zechstein. Die Schichtung erfolgt nach dem geologischen Prinzip: die jüngeren Auflagerungen überdecken die älteren.

Unter Schichtung versteht FALLOU (1865)

„… eine parallele, lagenförmige Anhäufung gleichartiger Dinge, deren Begriff nur in ihrer Mehrheit besteht,… sodaß man jede Lage als eine besondere Abtheilung des Ganzen von der anderen unterscheiden kann“ (FALLOU 1865, S. 111).

Die unterschiedlichen Schichten lassen sich durch Fugen und Farben voneinander unterscheiden. Die Schichtung des Bodens ist durch *„successive mechanische Ablagerung“* unter verschiedenen Bedingungen entstanden. So bilden Niederschläge in ruhigem stehendem Wasser andere Ablagerungen als Niederschläge aus der Luft oder *„Anhegerungen in reißender Strömung“* (FALLOU 1865, S. 111).

Bei einer normalen, regelmäßigen Schichtung liegen die Schichten horizontal oder in flacher Wellenlinie vor und gleichmäßig übereinander. Ein solcher Boden ist wahrscheinlich in seiner ursprünglichen Lagerung erhalten geblieben. Bei einer abnormen, unregelmäßigen Schichtung zeigen sich die Schichten in verschiedener, widernatürlicher Lage. Sie sind z. B. steil aufgerichtet, gebogen oder gegeneinander verschoben. Ursächlich dafür sind z. B. Störungen des Grundgebirges nach der Ablagerung durch Erdbeben oder Erschütterungen. Die Schichtungen von angeschwemmtem und angestammtem Boden unterscheiden sich (vgl. Tabelle 1, Tabelle 2).

Angeschwemmter/auflagernder Boden

Beim angeschwemmten Boden ist der Lagergrund mit Geröllschutt bedeckt, welcher auch als **Trümmerflöz** oder **unterer Stock** bezeichnet wird. Trümmerflöze entstehen durch Anhegerung in strömendem Wasser. Auf diesem lagert der eigentliche **Ackerboden** oder **Ackerflöz**, der **obere Stock**. Ackerboden besteht aus der Akkumulation von leichtem Minaralstaub in ruhigem bzw. stehendem Gewässer, der sich auf dem Geröllschutt niederschlug. Beide Stockwerke können in sich wiederum geschichtet sein.

Angestammter Boden

Der angestammte Boden ist nicht geschichtet. Der Boden besitzt kein Trümmerflöz, sondern das Gestein geht direkt in das **Ackerflöz** über. Eine Grenze zwischen Gestein und Boden ist kaum auszumachen, eher findet sich ein unmerklicher Übergang zwischen den beiden. Da die Verwitterung *„vom Tage herein“* also von der Oberfläche aus beginnt, ist der Boden in Oberflächennähe stärker und in der Tiefe immer weniger verwittert. Hier findet man nur aufgelockertes und aus dem Gefüge gelöstes Gestein.

	Benennung der Schichten		Bestandteile	Merkmale	Entstehung	
1	**Ackerkrume** Dammerde Obergrund = Keimgrund	**Oberer Stock** Acker-boden Ackerflöz	Staubteilchen mit Moderstoff (Humus) durchsetzt	Kulturfähiger Boden Unmittelbar von Atmosphäre umflutet	Akkumulation leichter Staubteilchen Schlammniederschläge in stehendem Gewässer Beide Lagen sind zu verschiedenen Zeiten unter verschiedenen Umständen entstanden	Durch Landwirtschaft bearbeiteter Teil des Bodens. Entstanden durch künstliche und natürliche Düngung (Verwesung der Streu…)
2	**Ackersohle** Wilder Boden Untergrund = Wurzelgrund		Ohne Humus 1%-15% mehr Reinerde als im Obergrund und andere Mineralienzu-sammensetzung	Lichtere Färbung gegen die dunkle Ackerkrume		Untergrund muss längere Zeit unter ruhigem Wasser gestanden haben als der Obergrund
3		**Unterer Stock** Trümmer-flöz	Geröllschutt Sand, Geschiebe, …	Verschiedene Lagen bestehen aus parallelen, lagenförmigen Anhäufungen gleichartiger Dinge (Sand, Kies…) Normale Lagerung oder abnorme Lagerung Geologisches Prinzip: junge Formationen lagern über älteren	Quartäre Ablagerungen Fluviatile, äolische, marine oder vulkanische Ablagerungen, Niederschläge aus Wasser und Luft Geröllschutt und Trümmerflöz entstanden durch Ablagerung bei strömendem Gewässer	
4	Lagergrund Ausgehendes		Mindestens tertiäres Gebirge	Festgestein		

Tabelle 1: Aufbau des angeschwemmten/auflagernden Bodens
Nach FALLOUS (1865) Beschreibungen gehören die Schichten 1, 2 und 3 zum Boden dazu. Dieser liegt auf dem Lagergrund (4) auf. (Die Mächtigkeit der Schichten ist nicht maßstabsgetreu, das „Größenverhältnis“ ist durch die inhaltlichen Informationen in der Tabelle bedingt. Eigene Darstellung)

	Benennung der Schichten		Bestandteile	Merkmale	Entstehung
1	**Ackerkrume** Dammerde Obergrund = Keimgrund	**Oberer Stock** Ackerboden Ackerflöz	Reinerdeanteil höher als in der Ackersohle	Ungeschichtet Eine Bodenart Keine klare Grenze zwischen Fels und Ackerboden	Durch Landwirtschaft bearbeiteter Teil des Bodens. Entstanden durch künstliche und natürliche Düngung (Verwesung der Streu…)
2	**Ackersohle** Wilder Boden Untergrund = Wurzelgrund				Durch Umwandlung und Verwitterung entstanden
4	Lagergrund Ausgehendes		Mindestens tertiäres Gebirge	Festgestein	

Tabelle 2: Aufbau des angestammten Bodens
(Die Mächtigkeit der Schichten ist nicht maßstabsgetreu, das „Größenverhältnis“ ist durch die inhaltlichen Informationen in der Tabelle bedingt. Eigene Darstellung)

Bei beiden Böden wird das Ackerflöz in **Obergrund** oder **Ackerkrume** und **Untergrund** oder **Ackersohle** eingeteilt. Die Ackerkrume wird von der Atmosphäre überflutet und gilt als wichtigster Teil des Bodens für den Landwirt. Sie besteht aus Dammerde, die durch natürliche oder künstliche Düngung mit Humus „geschwängert“ ist. Unter natürlicher Düngung versteht FALLOU (1865) die Verwesung der Streu, der abgestorbenen Nadeln, Blättern und Wurzeln, der tierischen Exkremente und Kadaver und die Vermischung des Bodens mit dem Humus. Die Mächtigkeit der Ackerkrume hängt von der Bodenbearbeitung, vor allem von der Pflugtiefe ab. Die Ackersohle lagert unter der Ackerkrume bis auf das Trümmerflöz oder das Grundgestein und wird auch als wilder Boden bezeichnet. Er besitzt in Ermangelung des Humus eine lichtere Färbung als die Ackerkrume und ist von schwankender Mächtigkeit. Angeschwemmter und angestammter Boden unterscheiden sich jedoch in Ober- und Untergrund. Beim angeschwemmten Boden gibt es bis auf die Farbe keine äußerlich sichtbaren Unterschiede. Der Untergrund hat jedoch einen um 1%-15% höheren Reinerdeanteil als der Obergrund und eine andere Mineralienzusammensetzung. Beide Lagen sind zu verschiedenen Zeiten unter verschiedenen Umständen entstanden. FALLOU (1865) geht davon aus, dass der Untergrund längere Zeit unter stehendem Wasser gestanden hat als der Obergrund. Um die günstige Zusammensetzung des Untergrundes zu nutzen, wird die Tiefenpflügung empfohlen. Beim angestammten Boden ist es umgekehrt. Der Reinerdeanteil ist um 10-20% höher als in der Ackersohle. Im Bestand gibt es aber keine Unterschiede. Dies wird auf Entstehung zurückgeführt, da der Obergrund bereits stärker verwittert ist als der Untergrund. In angeschwemmten wie auch in angestammten Böden finden sich **Einlagerungen**. Dies sind von der Hauptmasse verschiedene Gebilde wie Lagen, Flocken oder Nester aus Ton, Mergel, Sand etc. Sie sind durch Bestand, Gehalt und Beschaffenheit von der Hauptmasse unterschiedlich.

Die schichtenförmige Einlagerung findet sich nur im angeschwemmten Boden. Jede Schicht entspricht einem bestimmten Zeitabschnitt, die untere ist stets älter als die obere. FALLOU (1865) unterscheidet bei der Entstehung die Schichtenbildung die rein erdigen Ablagerungen von den gewöhnlich

sukzessiven mechanischen Ablagerungen angeschwemmter Erden. Bei den rein erdigen Ablagerungen hält er eine gleichzeitige Ablagerung der verschiedenen Schichten für möglich. Er begründet dies mit der chemischen Anziehung, welche unabhängig vom Gesetzt der Schwere ist. Er vergleicht die erdigen Ablagerungen mit Schlammfängen nach starkem Regen, bei welchem das angeschwemmte Erdreich aus verschiedenen Lagen besteht und sich innerhalb weniger Minuten gebildet hat.

„Wir sehen wie sich unsere Schlammfänge bei einem starken Gewitterregen oft in wenigen Minuten mit dem trüben Spülicht der Feldgewässer füllen. Sticht man nun das angeschwemmte Erdreich, …mit einem scharfen Spaten circa einen Fuß tief senkrecht ab, so bemerkt man auf der Schnittfläche wohl 10 bis 20 verschiedene Lagen, die sich durch ihre bandartige Streifung deutlich voneinander unterscheiden. Wie nun hier in Zeit von wenigen Minuten so viele Schichten, wenn auch nur zwei bis drei Linien stark, sich bilden konnten, eben so gut konnten auch in einer 50 bis 100 Fuß tiefen Schlammfluth, in welcher sicherlich eine Menge chemisch verwandter Stoffe sich ausgelöst befanden, zu gleicher Zeit mehre, in ihrem Bestand gleiche Schichten entstehen.“ (FALLOU 1865, S. 119-120)

Bei der sukzessiven mechanischen Ablagerung angeschwemmter Erden werden die schwersten Teile zuerst und die leichtesten zuletzt abgelagert. Dementsprechend lagert der Ackerflöz auf dem Trümmerflöz (vgl. Tabelle 1**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Weiterhin kommt es zu chemischen Ausscheidungen wie den im Lössmergel entstandenen Mergelknollen oder Eisennieren.

Vielfalt der Böden

FALLOU (1865) spricht von beträchtlichen Unterschieden zwischen verschiedenen Böden. Die Verschiedenheit der Bodenarten bezieht er auf die Entstehung, die Lagerung oder auch auf die Beschaffenheit (Substanz, Mischungsverhältnis der Mineral- und Elementarbestandteile). Er unterscheidet zwischen angestammten und angeschwemmten, geschichteten und ungeschichteten, gebundenen und ungebundenen Böden. Eine wichtige Ursache für die Unterschiede sieht er im Ausgangsgestein bzw. beim angeschwemmten Boden im Material des Herkunftsortes, auf welchem sich der jeweilige Boden entwickelt hat. So verschieden wie die Gebirgsarten sind, so verschieden müssen seiner Meinung nach auch die Böden sein. Als weitere bodenbildende Faktoren benennt er das Klima und die Höhenlage.

FALLOU (1865) kritisiert die bisher vorliegenden Bodenklassifikationen verschiedener Autoren, da diese in sich nicht stimmig (kommensurabel?) sind. So richten sich die Einteilungen in die verschiedenen Klassen teilweise nach unterschiedlichen, nicht klar voneinander abgegrenzten Faktoren. So werden Böden in ein und derselben Klassifikation nach den Hauptbestandteilen (z. B. Torfboden), nach dem Grundgestein (Basaltboden) und der Korngröße (Ton-, Lehm-, Sandboden) geordnet. Ferner gibt es in den Klassifikationen zu viele Unterabteilungen, in welche ein und derselbe Boden verschiedenen Klassen zugeteilt werden kann. FALLOU (1865) selbst schlägt eine naturwissenschaftliche Klassifikation vor. Er unterscheidet einerseits nach **geologischen Aspekten,** indem er den angestammten Boden vom angeschwemmten Boden abgrenzt. Die angestammten, auch als ältere oder primitiv bezeichneten Böden lagern nur neben- und nicht übereinander. Sie sind daher allesamt zur gleichen Zeit entstanden. Neuere, angeschwemmte, alluviale Böden lagern in bestimmter Weise übereinander und müssen daher zu verschiednen Zeiten entstanden sein.

„Es folgen von unten nach oben:

- *der Kieselboden, bekannt als Sand und Kiesgeröll,*
- *der Mergelboden, hauptsächlich der Lößmergel und der Lehmmergelboden,*
- *der Lehmboden*
- *der Moorboden, d. h. alles was der Landwirth Humus-, Bruch-, Klei-, Auen- und Niederungsboden nennt.*

Wo sie zusammen vorkommen, zeigt sich der erstere als Trümmerflöz stets zunächst auf dem Grundgebirge, auf diesem der Mergel und über diesem erst der Lehm und die Moorbodenarten.“ (FALLOU 1865, S. 136)

Die Lagerung kann teilweise gestört sein, so dass einzelne oder mehrere Schichten fehlen.

Für die Klassifikation an sich schlägt FALLOU (1865) eine **mineralogische Einteilung** nach den Elementarstoffen, abhängig vom ausgehenden Gestein oder angeschwemmten Material vor. Innerhalb der Bodengattung liegt ein Mineral- oder Elementarstoff als gemeinsamer Hauptbestandteil zugrunde. Bei der Bodenart liegen noch ein oder mehrere wesentliche Nebenbestandteile oder ein anderes Verhältnis der Bestandteile (z. B. Granitboden, Kalksteinboden, Mergelboden) vor.

Veränderung des Bodens/Bodenentwicklung

Boden verändert sich durch die Natur und durch menschliche Tätigkeit. Boden nimmt durch die Alluvione aus Wasser und Luft, vor allem in Flutschuttregionen z. B. in großen Ebenen, Flussniederungen oder auch im Watt, an Masse und Mächtigkeit zu. Es finden ein Zuwachs und eine Vermehrung des Bodens statt. Boden wird sogar immer höher aufgeschichtet. Als eine unerfreuliche Accession bezeichnet FALLOU (1865) die Wanderung der Dünen. Neben dieser mechanischen Veränderung nennt er die chemische Veränderung, bei welcher eine Zersetzung und Umwandlung im Innern des Bodens stattfindet. Es kommt zur allmählichen Auflösung des noch unzersetzten Minerals oder des *„todten Gesteins“*. Weiterhin spricht er dem Sauerstoff die Fähigkeit zu, Gestein in Erde zu verwandeln. Im Laufe der Zeit wird aus dem Gestein über Gesteinstrümmer am Ende Staub- und Garerde. Als Beispiel für die Veränderung eines Bodens beschreibt FALLOU (1865) die Entwicklung von einem Granitgrusboden zu einem bündigen Granitlehmboden, der seine Kieselsäure und seinen Kaligehalt fast ganz verliert und in eine tonartige Masse übergeht. Die Veränderungen sind nicht nur im Bestand, sondern auch in der Beschaffenheit so bedeutend, dass der Boden nicht mehr als Granitboden wieder zu erkennen ist. Solche Entwicklungen dauern jedoch Jahrtausende und sind nicht innerhalb eines Menschenzeitalters wahrzunehmen. Organische Stoffe werden im Gegenteil zum Gestein jedoch innerhalb kürzester Zeit zersetzt. Die natürlichen Veränderungen entziehen sich durch ihren langen Zeitverlauf und, da sie im Innern des Bodens vor sich gehen, der Beobachtung des Menschen.

Unter künstlicher Veränderung versteht FALLOU (1865) die Bodenbearbeitung, vor allem durch Melioration und Deterioration des Bodens, durch den Menschen. Diese Eingriffe werden von FALLOU (1865) als positiv bewertet: *„Durch den Anbau aber, also durch die Hand des Menschen, wird der wüste Boden erst tragbares Ackerland“* (S. 169).

In natürlichem Zustand würde der Boden nur wilde Pflanzen, Moos, Gräser, Sträucher und Waldbäume tragen. Durch die Kultur, die Bearbeitung durch Pflug und Egge, durch Entwässerung und Düngung wird Boden jedoch verändert und veredelt und seiner höchsten Bestimmung, dem Ackerbau zugeführt, so dass *"... auf diese Weise die ödeste Wildnis in eine lachende Flur verwandelt wird..."* (S. 170).

Andererseits kann Boden durch Vernachlässigung bei fortwährendem Anbau ohne Düngung ausgelaugt werden, bis er mit der Zeit völlig erschöpft und abgebaut ist. Diese bedenkliche Veränderung des Bodens entzieht ihm die nötige Pflanzennahrung, da als Folge fortschreitender Zersetzung und Lösung einzelne Elementarstoffe ausgeschieden werden und entweichen. FALLOU (1865) deutet aber auch darauf hin, dass die Angst, dass der Boden irgendwann völlig erschöpft ist und unfruchtbar, wird bei pfleglicher Bewirtschaftung grundlos ist.

3.5.1.2 Explikation FALLOU

Um die Arbeit FALLOU (1865) einordnen zu können, muss man den wissenschaftshistorischen Rahmen betrachten und die Strömungen der Epoche beachten, in welcher das Werk „Die Anfangsgründe der Bodenkunde" (2. Auflage 1865) der Vorgänger der „Pedologie oder allgemeine Bodenkunde" (1962) erschienen ist. Hilfreich sind dabei die zahlreichen Aufsätze, z. B. von EHWALD (1964), FIEDLER/REISSIG (1964), HARTGE (1999), YAALON/BERKOWICZ (1997), MÜCKENHAUSEN (1992, 1997) RAMANN (1914) und RUSSEL/BREHM (1914), die sich mit der Wissenschaftsgeschichte der Bodenkunde beschäftigen und von HARTGE selbst als „Trittsteine" bezeichnet werden. Diese Erkenntnisse gehen in die Explikation mit ein. Ferner helfen die „Pedologie oder allgemeine Bodenkunde" (FALLOU 1862) und „Die praktische Bodenkunde" von NOWACKI (1899) einzelne Begriffe oder Gedankengebäude in FALLOUS „Die Anfangsgründe der Bodenkunde" (1865) zu verstehen.

Das ausgehende 18. und das 19. Jhd. sind stark von der Agrikulturchemie geprägt. In einer Zeit, in welcher die Flächen für den Ackerbau nicht mehr durch weitere Rodungen vergrößert werden konnten, kamen Fragen nach der Sicherung der Ernährung und der Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion auf. *„Die eigentliche Ursache war die mangels der Möglichkeit zu Flächenwechsel mit langfristigem Zyklus allmählich bemerkbar werdende Verarmung der Böden an Pflanzennährstoffen"* (HARTGE 1999, S. 44). Um das Problem der Ernährbarkeit zu lösen wurden zwei Richtungen eingeschlagen: Einerseits sollten zusätzliche Nutzflächen durch neue Technologien, wie z. B. die Dränung, gewonnen, andererseits die entzogenen Pflanzennährstoffe durch die Düngung ersetzt werden. Die Forschungen standen eng mit der Frage nach der Pflanzenernährung in Zusammenhang (z. B. Wallerius (1761): Phlogisthontheorie; Thaer (1752-1828): Humustheorie; Lavoisier (1785): Oxidationstheorie; V. LIEBIG (1840): Mineraltheorie). Die Agrikulturchemie konzentrierte sich daher v. a. auf landwirtschaftliche Fragen, Boden wird in diesem Zusammenhang behandelt und erforscht. Neben der Agrikulturchemie werden von den Autoren, in Bezug auf die entstehende Bodenkunde im 19. Jhd., vier weitere Forschungsrichtungen in weitgehender Übereinstimmung ausgemacht. Nur in

einzelnen Unterbereichen oder der genauen Bezeichnung unterscheiden sich die Einteilungen (EHWALD 1964, FIEDLER/REISSIG 1964, HARTGE 1999, YAALON/BERKOWICZ 1997, MÜCKENHAUSEN 1992, 1997 und RAMANN 1914).

Die verschiedenen Richtungen werden bezeichnet als die

- Bodenchemische/Agrikulturchemische Richtung
- Geologisch- (petrographische) Richtung
- Bodenphysikalische Richtung
- Bodenbiologische Richtung
- Bodengenetische Richtung

Dabei gelten die bodenchemische und die geologische Richtung als Hauptrichtungen. Die anderen waren noch nicht so stark ausgeprägt bzw. folgten zu einem späteren Zeitpunkt (YAALON/BERKOWICZ 1997, RAMANN 1914). Eine Synthese der verschiedenen Richtungen gelang erst zu Beginn des 20. Jhd. z.B. durch die Arbeiten von RAMANN (1905) und HILGARD (1906) (nach EHWALD 1964). In dieser Zeit entstanden auch die ersten Bodenklassifikationen, die sich an die oben genannten Richtungen anlehnten, z. B. die von Carl von Linné (1717-1778) oder Wallerius (1709-1785) (YAALON/BERKOWICZ 1997).

Seit Mitte des 19. Jhd. kommt es innerhalb aller Naturwissenschaften zur Entwicklung theoretisch zusammenhängender Gedankengebäude, die z. B. in der facheigenen Systematik oder in der Entwicklung eigener Fachterminologien auf verschiedenen Ordnungsebenen wieder zu finden sind (HARTGE 1999).

Kritik an der Wahrnehmung des Bodens

Auf Grundlage des wissenschaftshistorischen Hintergrundes ist die Kritik FALLOUS (1865) an der Wahrnehmung der Erde in der Gesellschaft und der einseitigen Bewertung des Bodens nach rein ökonomischen Standpunkten und der Kultur- und Ertragsfähigkeit des Bodens innerhalb der Wissenschaft zu verstehen. FALLOU (1865) wird einerseits durch seine Betrachtungsweise des Bodens als eigenständiger Naturkörper als auch durch sein Ziel, grundlegende Erkenntnisse in Bezug auf den Boden zu erlangen und Bodenkunde, unabhängig von Landwirtschaft und Agrikulturchemie, als selbstständige Wissenschaft anzuerkennen, als Begründer der wissenschaftlichen Bodenkunde angesehen (RAMANN 1914, MÜCKENHAUSEN 1992, 1997, YAALON/BERKOWICZ 1997). In seinem Werk „Die Anfangsgründe der Bodenkunde“ (1865, Erstauflage von 1857) beschreibt er die Beschaffenheit, Zusammensetzung, Funktion, Lagerung und Entstehung des Bodens und entwickelt mit der Verwendung fachlicher Termini die ersten Ansätze eines theoretisch-wissenschaftlichen Gedankengebäudes, welches in seinem späteren Werk „Pedologie oder allgemeine Bodenkunde“ (1862) ausgereift dargestellt wird. Seither wird der Begriff Bodenkunde als Begriff für die eigenständige Wissenschaft in Bezug auf den Boden genutzt. Er betrachtet den Boden jedoch noch nicht ganzheitlich bzw. aus den oben genannten Richtungen. Aufgrund der noch folgenden

beschriebenen Ausrichtung und mangels der Beachtung bodenchemischer und bodenbiologischer Aspekte wird er als Vertreter der geologischen Richtung gezählt.

Trotz seiner Kritik der einseitigen Bewertung des Bodens in Bezug auf die Ertragsfähigkeit, sieht FALLOU (1865, S. 163) die wichtigste Funktion des Bodens als Grundlage des Lebens. Boden erlangt seine *„letzte und höchste Bestimmung“* im Anbau zum Acker. Diese Sichtweise entspricht dem Denken im 19. Jhd., als die Sicherung der Ernährung der Menschen und die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion an oberster Stelle stand (HARTGE 1999). Daneben spricht FALLOU (1865) dem Boden aber noch Regelungsfunktionen, z. B. die Wärmeregulation oder die Filterfunktion, die Lebensraumfunktion für Tiere und Pflanzen und eine Archivfunktion für die Erdgeschichte zu.

Begriffe

Boden im Sinne eines Naturkörpers ohne Begrenzung zu verstehen, gehört Ende des 19. Jhd. zu einer eher neueren Betrachtungsweise. Bisher wurde Boden als eine begrenzte, abgemessene Fläche von Land verstanden oder in Bezug zum aufrecht gehenden Menschen gesetzt, als Boden auf dem wir gehen und stehen. Nun wird nicht nur die Fläche sondern die gesamte Masse von der Eroberfläche bis in die Tiefe zum Boden dazu gezählt (NOWACKI 1899, S. 5). **Boden** ist für FALLOU (1865) das zerfallene und teilweise zersetzte, in seiner Form und Substanz vollkommen veränderte Grundgestein, dessen Zusammensetzung und Eigenschaften die Böden übernommen haben (FIEDLER/REISSIG 1964, S. 27). Andererseits zählt er das Lockergestein, die auf dem Tertiären aufliegende Decke, zum Boden dazu. Er macht *„keinen Unterschied zwischen Boden und Verwitterungsrinde bzw. zwischen Böden und Lockergesteinen“* (EHWALD 1964, S. 15). **Ackererde** oder gemengte Erden dagegen sind Teil des Materials, welches im Boden zu finden ist bzw. diesen mit aufbaut.

Boden wird gegenüber dem Gestein, unter anderen Merkmalen wie Farbe, Schwere, Festigkeit usw., durch seine Eigenschaft unter Wasser zu erweichen und zu zerfallen und durch seine Lagerung über dem Grundgestein (dem tertiären Gebirge) abgegrenzt. Die Abgrenzung zum Gestein in Bezug auf das Verhalten im Wasser wird auch bei NOWACKI (1899) ausführlich beschrieben. Da FALLOU (1865) ebenso wie RAMANN (1905) den Boden als *„oberste Lockerschicht der festen Erdrinde“* (zitiert nach EHWALD 1964) ansieht, wird er der geologisch-petrographischen Richtung innerhalb der Bodenkunde zugeordnet.

Der Begriff **Bodenarten** wird dem heutigen Begriff Bodentypen entsprechend für die verschiedenen vorkommenden Böden gebraucht.

Bodenbildung und Lagerung (Abbildung 2)

Nach FALLOU (1865) ist jeder Boden aus dem an der Erdoberfläche anstehenden Gestein entstanden, aber nicht unbedingt dort verblieben, sondern auch in andere Regionen verlagert worden. So kommt es zu der Unterteilung der Böden nach ihrer Entstehung in angestammte Böden einerseits und in die Bildung angeschwemmter Böden andererseits. Diese Einteilung findet sich mit ähnlicher Herleitung auch bei NOWACKI (1899).

Bei der Bildung des **angestammten Bodens** bzw. des Verwitterungsbodens handelt es sich um ein Ablaufen verschiedener Prozesse, die das vorhandene Grundgestein zerstören und in seine Mineralien zersetzen. Er unterscheidet zwischen **Zertrümmerung**, die er den mechanischen Kräften der Natur zuordnet und welche in heutiger Zeit den geologischen oder geomorphologischen Prozessen zugeordnet werden würden, wie Erdbeben, Vulkanismus, Erosion usw. (FALLOU 1862, S. 27). Als einziger auch heute noch unter physikalischer Verwitterung laufender Prozess wird die Frostsprengung genannt. FALLOU beschreibt weitere chemische Prozesse, die er unter **Verwitterung** zusammenfasst und welche das feste Gestein zersetzten (FALLOU 1862, S. 24). Seiner Beschreibung nach zu urteilen, handelt es sich dabei um erste Erkenntnisse zur Oxidationsverwitterung, Hydratation und/oder Hydrolyse und zur Silikatverwitterung. Die genauere Funktionsweise der Prozesse wird nicht erläutert.

Beim **angeschwemmten Boden** handelt es sich dagegen um die Ablagerung verschiedener Materialien. Die Prozesse werden als „*Anhegerung*“ und „*Niederschlag*“ bezeichnet. FALLOU (1865) geht von Alluvionen aus. Er lehnt die Vorstellung vom Diluvium, einer vollständigen Überflutung der Erde, ab. Angeschwemmter Boden ist vom Grundgestein unabhängig. Prozesse der Verwitterung werden für diesen Typ nicht beschrieben. Im Gegenteil wird die Entstehung des Ackerflözes sogar als Akkumulation gedeutet.

Die Humusbildung wird nicht zur Bodenbildung dazu gezählt, sondern als später folgender Prozess gesehen, nachdem der Boden bereits vorhanden war. Sie wird als *„spätere eigenthümliche Bildung und nur als eine Accession des bereits vorhandenen Bodens“* betrachtet (FALLOU 1862, S. 48). Daher wird die Vermengung der Erde mit Humus auch als Düngung verstanden, welche auf künstlichen Weg durch Mist oder auf natürlichem Weg durch Verwesung in den Boden gelangen kann.

„Gesteinsverwitterung und Bodenbildung werden…“ also auch von FALLOU (1865) *„mehr oder weniger gleichgesetzt“* (EHWALD 1964, S. 15). Als bodenbildende Faktoren beachtet er nur das Grundgestein und die Zeit. So spricht er davon, dass die Gesteine und Mineralien mehr oder minder zersetzt sind und sich noch ununterbrochen in Zersetzung befinden (FALLOU 1865, S. 27). Die Einflüsse des Klimas auf den Boden werden zwar in Betracht gezogen, aber nicht weiter ausgeführt (MÜCKENHAUSEN 1992, 1997). Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Boden und zwischen Atmosphäre und Lithosphäre werden nicht erkannt (EHWALD 1964, S. 15-16; FIEDLER 1964, S. 27).

Der von FALLOU (1865) beschriebene Aufbau des Bodens bzw. seine Lagerung hängt stark mit der jeweiligen Entstehung des Bodens zusammen. Den angestammten Boden beschreibt er als ungeschichtet. Eine Unterteilung im Sinne von Horizonten ist FALLOU (1865) nicht bekannt. Die Schichtung des angeschwemmten Bodens führt er auf die Ablagerung unterschiedlichster Materialien zurück. Er vermutet eine Entstehung wie bei der Ablagerung des Schlammes nach starkem Regen, bei welcher eine schichtenförmige Lagerung innerhalb weniger Minuten entstehen kann (EHWALD 1964, S. 15). So erklärt er auch, dass das grobe Trümmerflöz unter dem feineren Ackerflöz lagert. Die Tatsache, dass FALLOU (1865) rein erdige Ablagerungen von den gewöhnlich sukzessiven

mechanischen Ablagerungen unterschieden hat, lässt vermuten, dass er auch Böden mit einer im heutigen Sinne klaren Horizontierung zu den angeschwemmten Böden dazu zählte. Deren Entstehung erklärt er jedoch nicht mit den heute bekannten Prozessen der Bodenentwicklung, wie die Transformation oder die Translokation, welche zur Horizontierung beitragen, sondern durch chemische Anziehung, die unabhängig von der Schwerkraft wirke.

Die schichtförmige Lagerung, die er als gewöhnlich sukzessive mechanische Ablagerungen bezeichnet, könnte sich dagegen auf die quartären Ablagerungen beziehen. Das wird durch die Unterscheidung von normalen, regelmäßigen und abnormen, unregelmäßigen Schichtungen, welche durch Störung des Grundgebirges nach der Ablagerung verursacht wurden, bekräftigt.

FALLOU (1865) entwickelte weiterhin eine zu seiner Zeit neue auf mineralogischen und geologischen Merkmalen beruhende Bodenklassifikation.

Brüche

FALLOU (1865) erklärt die Entstehung des angeschwemmten Bodens allgemein als Ablagerung im Wasser, aber auch durch äolische und vulkanische Niederschläge. Die Entstehung des groben Trümmerflöz und des darauf lagernden feineren Ackerflözes erklärt er dagegen durch die sukzessive mechanische Ablagerung. Das bedeutet, dass im strömenden Wasser zuerst die schweren und danach im ruhigen Wasser die leichten Teile abgelagert werden. Das lässt eine relativ zeitnahe Ablagerung des Ackerflözes auf das Trümmerflöz vermuten. In Bezug auf das Ackerflöz, bzw. die rein erdigen Ablagerungen vermutet er sogar eine gleichzeitige Ablagerung im Wasser. Die Entstehung der Schichten erklärt er durch chemische Anziehung. An einer anderen Stelle erklärt FALLOU (1865) dagegen, dass jede Schicht einem bestimmten Zeitabschnitt entspricht, die unter verschiedensten Bedingungen entstanden ist. Die älteren lagern dabei unter den jüngeren Schichten. Der Begriff Flöz unterstreicht diese Vorstellung. Unter Flöz wird eine sedimentär entstandene, ausgedehnte Lagerstätte verstanden. Dieses Konzept ist nicht bis zuletzt durchdacht. Alle Böden über Lockergestein zeigen einen ähnlichen Aufbau. Der Boden ist feiner in den Korngrößen als das Lockergestein, aus welchem er entstanden ist. Also müssten alle Böden über Lockergestein unter ähnlichen Bedingungen entstehen (sukzessive mechanische Anlagerung der feinen Teile und teilweise gleichzeitige Ablagerung des Ackerflözes). Auf äolische oder vulkanische Entstehungsweisen geht FALLOU (1865) nicht mehr ein. Andererseits müssten bei wechselnden Bedingungen auch unterschiedliche Formen von Trümmerflöz entstehen. In den Schichten im Trümmerflöz müsste sich gröbere und feinere Körnung abwechseln.

3.5.1.3 Strukturierung FALLOU

> Denkfigur: Bodenkunde als selbstständige Wissenschaft <

Die Bodenkunde wird erstmals als eigenständige Wissenschaft mit Boden im Zentrum der Forschung und eigenen Untersuchungsfragen unabhängig von der Landwirtschaft entwickelt.

Kritik an der Wahrnehmung: ~~Boden wird als Schmutz und lästiger Staub wahrgenommen.~~

Ablehnung der Überbewertung der Agrikulturchemie: ~~Bewertung des Bodens nach rein ökonomischen Gesichtspunkten und Erforschung des Bodens nur in Bezug auf die landwirtschaftliche Nutzung. Benennung des Bodens nach Eignung für den Anbau verschiedener Nutzpflanzen, z. B. Gersten , Weizenboden.~~

Boden als Naturprodukt: Die wissenschaftliche Bodenkunde beschäftigt sich nicht nur mit dem nutzbaren, sondern auch mit dem nutzlosen Boden. Sie befasst sich mit den Kenntnissen über den Boden an sich.

Fragen der Bodenkunde: Boden wird untersucht im Hinblick auf seine Beschaffenheit, seine Wesenheit, der Räumlichkeit und seiner Verschiedenheit.

Hilfswissenschaften: Die Geognosie, die Mineralogie, die Chemie und die Physik dienen als Hilfswissenschaften für die Bodenkunde.

Mineralogisch-geologische Richtung: Bodenkunde sollte als eigenständige Wissenschaft unabhängig von der Landwirtschaft beachtet werden. Boden wird v. a. in Bezug zum Grundgestein beschrieben. Eine neue Bodenklassifikation wird nach geologischen und mineralogischen Merkmalen entwickelt.

Bodenfunktionen

> Denkfigur: Teleologie <

FALLOU (1865, S. 161) geht davon aus, dass alles in der Natur einen bestimmten Zweck hat. Er schreibt: *„…nichts in der Welt ist lediglich um seiner Selbstwillen da...“* Diesen teleologischen Ansatz bezieht er auch eindeutig auf den Boden. Die höchste Bestimmung des Bodens sieht er in der Ernährung des Menschen, verweist aber auch auf weitere, allgemeine Bestimmungen.

Lebensgrundlage: Boden hat den Zweck den Menschen zu ernähren und zu kleiden. Ohne Boden gäbe es kein Leben auf der Erde.

Regelungsfunktionen: Boden dient der Wärmeregulation und als Filter für das Wasser. Er regelt den Wasserkreislauf.

Lebensraum: Pflanzen und Tiere ernähren sich vom Boden.

Archiv: Boden ist ein Archiv für die Erdgeschichte.

Begriffe Boden und Erde

> Denkfigur: Boden als Material <

Ackererde und Felsgetrümmer: Boden besteht aus der Gesamtheit der Ackererden, welche aus dem Erdreich bestehen, und dem losen, noch unzersetzten Felsgetrümmer.

Boden als verändertes Grundgestein: Boden ist das zerfallene und teilweise zersetzte, in seiner Form und Substanz vollkommen veränderte Grundgestein.

> Denkfigur: Boden als Decke des Grundgebirges <

Boden als lockere Decke des Grundgebirges: Zum Boden gehört die gesamte lose bzw. lockere Decke der festen Planetenrinde, alles auf dem Tertiären aufliegende.

Boden als Ablagerung: Alle Ablagerungen fluviatilen, marinen, äolischen und vulkanischen Ursprungs.

> Denkfigur: Erde als Material <

Gemengte Erden und Ackererden: Verbindungen der elementaren Erden mit mineralischen und organischen Stoffen in Form von Staub, Sand und Grus.

Boden als Bestandteil des Erd- und Mineralreiches: Das Mineralreich wird als starrer, lebloser Naturkörper aufgefasst. Es ist in die Steine und das Erdreich unterteilt. Boden wird zum Erdreich gezählt, ist somit Teil des Mineralreiches und besteht vorwiegend aus gemengten Erden.

Eigenschaften und Merkmale

> Denkfigur: Beschaffenheit <

Unter Beschaffenheit werden die Eigenschaften des Bodens erfasst. Boden wird untersucht hinsichtlich seiner Farbe, des Gefüges, der Porosität und der Schwere. Nur die wichtigsten Aspekte werden hier zusammengefasst.

Farbe: Die Farbe des Boden wird mit unrein und schmutzig beschrieben, die aus allen fünf Grundfarben gemischt ist. Vorherrschend sind braun und gelb.

Nicht lebendig: Boden wird zum Mineralreich gezählt, das als starrer, lebloser Naturkörper beschrieben wird. Boden hat nichts mit Pflanzen oder anderen organischen Wesen gemein.

> Abgrenzung Boden – Gestein <

Locker: Zu Boden zählt alles was unter Wasser erweicht und zerfällt. Festes Gestein bleibt auch unter Wasser fest. Porosität und Durchlässigkeit sind im Boden größer als im Gestein.

Mächtigkeit: Gestein ist viel mächtiger als Boden.

Festigkeit: Gestein besitzt eine größere Festigkeit und kann meist einen 40-50-mal höheren Druck aushalten als sehr dichter Boden.

Bodenbestandteile

> Denkfigur: Bestand <

Unter Bestand versteht FALLOU (1865) die Zusammensetzung des Bodens aus mineralischen und im Obergrund auch organischen Bestandteilen.

Mineralische Bestandteile: Boden besteht aus zersetzten, staub und sandartigen Mineralfragmenten, die auch im Ausgangsgestein vorhanden waren. Beispiel für Minerale: Quarz, Feldspat, Glimmer, Kalk, Ton, Gips…. Weiterhin gibt es Elementar- bzw. Grundbestandteile der Minerale, z. B. Silizium, Aluminium, Calcium…. Die Elementarteile sind im Boden an Moder und den Mineralien gebunden.

Organische Bestandteile: Organische Bestandteile kommen zumindest im Obergrund vor. Moder ist aber nur ein kleiner Teil des Bodens.

> Denkfigur Körnigkeit <

Die Körnigkeit gehört an sich zum Gefüge und damit zur Beschaffenheit des Bodens. In Form und Gestalt der im Boden vorkommenden Materialien wird aber zwischen Blöcken, Geschiebe, Geröll, Kies oder Grand, Grus, Sand, Pulver oder Staub unterschieden. Die Namen beziehen sich dabei nur auf die Größe und Gestalt, nicht aber auf die Zusammensetzung derselben.

Bodenentstehung

> Denkfigur: Boden als Umwandlungsprodukt <

Das feste Gestein, das Ausgangsgestein, wird durch mechanische Gewalt (Zertrümmerung) und chemische Zersetzung und Auflösung (Verwitterung) in Ackererde umgewandelt.

> Zertrümmerung <

Durch Wasserdruck, Luftdruck oder den Druck verschlossener Dämpfe wird das Gestein zertrümmert. Beispiele: Sturmfluten, Lawinen, Wasserfälle, Erdbeben, Vulkanausbrüche.

> Verwitterung <

Das feste Gestein wird entsprechend der Verwesung im Tier- und Pflanzenreich zersetzt.

Oxidation: Gestein wird mit Hilfe des in Wasser und in der Luft enthaltenen Sauerstoffes zersetzt.

Lösung: Das Wasser löst Bindemittel, welche die Steine zusammen halten.

Silikatverwitterung: Silikatgestein wird durch mit Kohlensäure verstärktes Wasser zersetzt.

> Verwesung <

Organische Stoffe, wie abgestorbene Pflanzenteile werden zersetzt. Es entsteht Moder, eine Akkumulation verwesender organischer Körper. Eigentlicher Prozess, der aus einem wilden Boden einen Ackerboden macht.

>Denkfigur: Verlagerung <

Boden kann von seiner ursprünglichen Lagerstätte durch Wasser und Wind wegtransportiert und an einem anderen Ort wieder abgelagert werden. Dieser auflagernde Boden ist durch Anhegerung und Niederschlag entstanden.

Boden Aufbau

> Denkfigur: Schichtung <

Schichten: Boden hat sich in einzelnen Schichten über dem Lagergrund, dem Ausgangsgestein ausgebreitet oder abgelagert. Dieser Aufbau wird als Struktur oder Lagerung bezeichnet. Die Lagerung ist je nach Boden unterschiedlich. Unter Schichtung versteht FALLOU (1865) *„…eine parallele, lagenförmige Anhäufung gleichartiger Dinge…“* (S. 111).

Einlagerungen: Einlagerungen sind von der Hauptmasse verschiedene Gebilde wie Lagen, Nester, Flocken etc. aus Ton, Mergel, Sand usw. Sie sind durch Bestand, Gehalt und Beschaffenheit von der Hauptmasse unterschiedlich.

Boden Aufbau und Bodenentstehung in Bezug auf die Lagerungsweisen

Die beiden Aspekte Aufbau und Entstehung hängen so stark von den beiden dargestellten Lagerungsweisen von Böden ab, dass diese hier gemeinsam betrachtet werden.

> Denkfigur: Angestammter Boden oder primitiver Boden < (vgl. Tabelle 2)

Lagerung ist abhängig und abschließend: Die Bodenart ist von der Gesteinsart des Gebirges abhängig und in ihrer Ausbreitung an die des Gesteins gebunden.

Lagerung ist ungeschichtet: Der Boden besteht nur aus einer ungeteilten Lage und ist nicht geschichtet.

Fließender Übergang zwischen Fels und Boden: Die Grenze zwischen Fels und Boden ist nur schwer auszumachen. Das Gestein geht direkt in das Ackerflöz über.

Unterteilung Ackerflöz: Das Ackerflöz ist in die Ackersohle und die Ackerkrume unterteilt.

Ackersohle (Untergrund, wilder Boden, Wurzelgrund): ist durch Umwandlung und Verwitterung aus dem anstehenden Gestein entstanden.

Ackerkrume (Dammerde, Obergrund, Keimgrund): Besteht aus dem landwirtschaftlich bearbeiteten Teil des Bodens. Entsteht durch

- *künstliche Düngung:* Aufbringen und Unterpflügen von Mist.
- *natürliche Düngung:* Verwesung und Vermischung des Moders mit dem mineralischen Boden.

Verwitterung: Der angestammte Boden entsteht durch Verwitterung. Je nach Ausgangsgestein kommt es zu oberflächlicher oder tiefer Verwitterung. Die Verwitterung ist an der Oberfläche stärker fortgeschritten als in der Tiefe.

Einlagerungen: Entstehen durch Zersetzung und sind abhängig von der Gesteinsart des Grundgebirges.

> Denkfigur: Angeschwemmter Boden < (vgl. Tabelle 1)

Lagerung ist unabhängig und übergreifend: Die Bodenart ist, ebenso wie deren Ausdehnung, vom Gestein des Gebirges unabhängig.

Auflagernde Lagerung: Angestammter Boden ist ein auflagernder Boden, der über dem Grundgestein abgelagert wurde.

Lagerung ist geschichtet: Die Lagerung ist meist geschichtet. Es sind häufig mehrere Schichten zu erkennen.

Geologisches Prinzip: Die jüngeren Auflagerungen überdecken die älteren.

Normale Lagerung: Schichten liegen weitgehend horizontal übereinander. Boden befindet sich in seiner ursprünglichen Lage.

Abnorme Lagerung: Schichten sind nach der Ablagerung durch Störungen wie Hebungen, Senkungen oder Erschütterungen des Grundgebirges verstellt worden.

Klare Trennlinie: Zwischen Boden und Grundgestein ist eine klare Trennlinie zu erkennen.

Trümmerflöz: Der Lagergrund ist mit Geröllschutt bedeckt. Trümmerflöz entsteht durch Anhegerung in fließendem Wasser. Das Trümmerflöz kann in sich geschichtet sein.

Ackerflöz: Das Ackerflöz lagert auf dem Trümmerflöz. Es besteht im Gegensatz zum angestammten Boden aus Akkumulationen von leichtem Mineralstaub, die sich in ruhigen oder stehenden Gewässern gebildet und sich auf dem Geröll niedergeschlagen haben. Das Ackerflöz kann in sich geschichtet sein. Die Ackerkrume des Ackerflözes entsteht wie beim angestammten Boden durch künstliche oder natürliche Düngung.

Diluvium: ~~Durch eine allgemeine Senkung des Festlandes bis zu einer Höhe von 1000 Fuß entstand das heutige Schwemmland. Es werden auch alle Ablagerungen über einer Höhe von 1000 Fuß als Diluvialgebilde angesprochen.~~

Alluvione: Eine allgemeine Überflutung hat nie stattgefunden. Dagegen gibt es Alluvione, örtliche Überschwemmungen und Ablagerungen zu allen Zeiten. Ebenso haben nur lokale Hebungen und Senkungen stattgefunden. Boden entsteht durch Ablagerung unterschiedlicher Materialien fluviatilen und marinen aber auch äolischen und vulkanischen Ursprungs.

Schichtenförmige Einlagerungen: Diese Einlagerungen sind durch Ablagerung entstanden.

Sukzessiv mechanische Ablagerung: Die einzelnen Schichten des Bodens sind unter verschiedenen Bedingungen entstanden, z. B. in ruhigem Wasser, in reißender Strömung, durch Ablagerungen aus der Luft. Die schwersten Teile werden zuerst und die leichtesten zuletzt abgelagert. Daher lagert das Ackerflöz auf dem Trümmerflöz.

Rein erdige Ablagerungen: Eine gleichzeitige Ablagerung verschiedener Schichten ist durch die chemische Anziehung unabhängig vom Gesetzt der Schwere möglich.

Mergelknollen, Eisennieren: Durch chemische Ausscheidungen entstandene Gebilde in Lössmergel.

Vielfältigkeit der Böden

Unterscheidung nach Entstehung: Böden werden nach angestammten und angeschwemmten Böden unterschieden.

Kritik: Bestehende Bodenklassifikationen sind auf unterschiedlichsten Merkmalen, z. B. Hauptbestandteile, Grundgestein und Korngröße innerhalb einer Klassifikation begründet. Böden lassen sich verschiedenen Klassen zuteilen. Eine eindeutige Zuweisung ist nicht möglich.

> Denkfigur: mineralogische Bodenklassifikation <

Boden ist abhängig vom Ausgangsgestein bzw. vom angeschwemmten Material. Innerhalb der Bodengattungen liegt ein Mineral- bzw. Elementarstoff als Hauptbestandteil der Einordnung der Böden zugrunde.

Beispiele: Bodenart der Quarzsandgesteine, der Feldspatgesteine, der Kalkgesteine usw.

Veränderungen im Boden

>Denkfigur: Natürliche Veränderungen: Bodenbildung <

Mechanische Veränderung: Boden nimmt durch die Alluvione aus Wasser und Luft an Masse zu. Es findet eine Vermehrung und Aufschichtung statt.

Chemische Veränderung: Durch Zersetzung verändert sich der Boden im Innern. Gestein wird über Gesteinstrümmer am Ende zu Staub und Garerde.

Zeit: Natürliche Veränderungen entziehen sich durch ihren langen Zeitverlauf der Beobachtung des Menschen.

> Denkfigur: Künstliche Veränderungen durch menschliche Tätigkeit <

Bodenbearbeitung: Durch Melioration und Deterioration des Bodens durch den Menschen wird Boden positiv beeinflusst. Erst durch den Ackerbau wird der wüste Boden tragbares Ackerland.

Erschöpfung: Boden kann bei Vernachlässigung ohne Düngung ausgelaugt werden und mit der Zeit völlig erschöpfen. Dem Boden wird die nötige Pflanzennahrung entzogen.

Pflegliche Bewirtschaftung: Boden wird bei pfleglicher Bewirtschaftung nie völlig erschöpft und unfruchtbar werden.

3.5.2 Untersuchungsaufgabe 2: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden – Hauptgutachten 1994. Bonn.

3.5.2.1 Zusammenfassung WBGU (1994)

Boden Definition (S. 41, 43, 49, 148)

Böden werden als Systeme gesehen, welche sich unter dem Einfluss verschiedener Faktoren bilden und weiterentwickeln.

„Böden sind komplexe physikalische, chemische und biologische Systeme, die dem Einfluss von Witterung, Bodenorganismen, Vegetation, vor allem aber unter der Hand des wirtschaftenden Menschen ständigen Veränderungen unterworfen sind“ (WBGU 1994, S. 41).

Klimafaktoren und Böden stehen dabei in Wechselbeziehung miteinander. Die Eigenschaften der beeinflussenden Faktoren bestimmen die Bodenfunktionen. Böden werden weiterhin als Struktur – und Funktionselemente von terrestrischen Ökosystemen gesehen. Außerdem werden sie als Querschnittsmedien benannt, die durch eine Überlappung von Litho-, Hydro-, Atmo-, Bio- und Anthroposphäre gekennzeichnet sind. Böden sind eine wichtige Komponente aller terrestrischen Ökosysteme, werden aber auch als eigenes Ökosystem verstanden, in welchem abiotische und biotische Bereiche (mit Produzenten, Destruenten und Konsumenten) im Sinne eines dynamischen Gleichgewichts in Beziehung stehen.

Bodentypen (S. 43)

Bodentypen werden als kleinste räumliche Einheiten definiert, die eine einheitliche Struktur aufweisen. Diese drückt sich in der vertikalen Aneignung von Bodeneigenschaften aus.

Bodenbildung (S. 43, 49, 101)

Böden haben sich unter den am jeweiligen Standort wirkenden geologischen (z. B. Ausgangsgestein, Mineralzusammensetzung, Relief, Exposition, Grundwasserregime…), klimatischen (z. B. Sonnenstrahlung, Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Wasserkreislauf) und biotischen (z. B. Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen, Mensch) Faktoren gebildet. Pflanzenwurzeln tragen z. B. durch CO_2 und Säureeintrag zur Verwitterung bei, welche die erste Stufe der Bodenneubildung darstellt. Die Bodenorganismen sorgen für die Mineralisierung der organischen Substanz und die Bodendurchlüftung und tragen so zur Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. Die großen Kombinationsmöglichkeiten der bodenbildenden Faktoren bedingen entsprechend viele verschiedene Formen von Böden. Durch die lange Entwicklungszeit (geologische Zeiträume) der Böden kann es zu deutlichen Veränderungen kommen. Diese führt zur Optimierung der Systeme und einer weiteren Annäherung an das Fließgleichgewicht.

Bodenvielfalt (S. 43, 101)

Durch die großen Kombinationsmöglichkeiten der bodenbildenden Faktoren entstehen entsprechend viele verschiedene Formen von Böden. Diese Bodenvielfalt mit den unterschiedlichen Standortfaktoren trägt zur Diversität von Ökosystemen und Lebensgemeinschaften bei. Sogar innerhalb einer Landschaft können unterschiedliche Bodentypen nebeneinander auftreten. Diese Bodenvielfalt erschwert aber auch die Behandlung der Bodendegradation.

Bodenfunktionen (S. 44-48;101;133)

Die Bodenfunktionen werden vor allem in Bezug auf den Menschen formuliert.

„So ist Boden u.a. unverzichtbare Grundlage unserer Ernährung, Grundlage für die Einrichtung von Wohn-, Arbeits- und Freizeitstätten und für die Anlage der entsprechenden Infrastruktur (z. B. Straßen und Wege), Grundlage für unsere Bedürfnisse und Wünsche nach Kontrolle über Raum (Territorialität) und nach Eigentum und Besitz. Daneben tritt Boden als prägendes Element von Natur und Landschaft in Erscheinung und wird u.a. dadurch zur Grundlage für die Entwicklung räumlicher Identität als Teil von Selbstidentität“ (WBGU 1994, S. 133).

Insgesamt wurden folgende Funktionen ausgewiesen:

Lebensraumfunktion

Böden gelten als Lebensraum, Lebensgrundlage und Standort für Pflanzen, Pilze, Tiere und Mikroorganismen, die in und auf ihnen leben und aus dem Boden Wasser, Nährstoffe und Sauerstoff erhalten. *„Böden sind damit die Grundlage für die Primärproduktion terrestrischer Systeme und zugleich für alle nachfolgenden heterotrophen Organismen“* (WBGU 1994, S. 47) und insofern auch für den Menschen. Die Bodenorganismen sind für die Umsetzung organischer Stoffe verantwortlich und beeinflussen so die Stabilität von Ökosystemen und das Fließgleichgewicht zwischen Auf- und Abbauprozessen. Böden stellen einen Genpool dar. Weiterhin dient Boden als Lebensraum für den Menschen, der ihn durch seine Siedlungsttätigkeit in Anspruch nimmt.

Regelungsfunktion

Die Regelungsfunktion bezieht sich auf *„alle abiotischen und biotischen bodeninternen Prozesse, die durch äußere Einflüsse ausgelöst werden“* (WBGU 1994, S. 47). Böden regeln die Akkumulation, Speicherung, Transformation und den Transport von Stoffen (z. B. Nährstoffe, Kohlendioxid, Methan und auch Schadstoffe) und Energie (z. B. den Austausch von Strahlung und fühlbarer Wärme). Sie sind Quellen für Lachgas. Weiterhin vermitteln sie den Stoffaustausch zwischen Hydro- und Atmosphäre und den benachbarten Ökosystemen und können zu Quellen für die Stoffbelastung von benachbarten Umweltkompartimenten werden (WBGU 1994, S. 48). Ferner regeln sie den Wasserkreislauf der Kontinente.

Nutzungsfunktion

Unter Nutzungsfunktion werden die Funktionen zusammengefasst, welche für den Menschen nutzbringend sind. Sie werden aufgeteilt in die Produktions-, die Träger- und die Informationsfunktion. Die **Produktionsfunktion** beschreibt die gezielte Nutzung von Böden zur land-

und forstwirtschaftlichen Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen ebenso wie die Ausbeutung von Rohstoffen aus Lagerstätten wie Kohle, Gas, Torf, Kies, Gesteine, Minerale usw. Als **Trägerfunktion** werden Teilfunktionen wie z. B. Verkehr, Siedlungen, Ver- und Entsorgung, und gewerbliche Produktion bezeichnet. Bei der **Informationsfunktion** werden die Eigenschaften der Böden als Indikatoren für die Fruchtbarkeit, Belastbarkeit u.a. genutzt. Weiterhin gelten Böden als Archiv für die Natur- und Kulturgeschichte, aus denen Handlungen von Individuen, Gruppen und Gesellschaften rekonstruiert werden können.

Kulturfunktion

Der Boden ist Grundlage der menschlichen Geschichte und Kultur. So entscheiden Qualität und Eigenschaften über Wirtschafts- und Siedlungsformen, soziale Strukturen, religiöses und kulturelles Verhalten und territoriale Ansprüche. Die Bedeutung der Kulturfunktion ist daran erkennbar, dass der Mensch sich Boden aneignet, ihn nutzt und verändert, benennt oder markiert und sich auf Wegen durch den Raum bewegt. Boden ist ebenso Objekt wissenschaftlicher und künstlerischer Darstellungen wie der Kommunikation.

Bodendegradation (S. 42-42; 49-57)

Böden werden als offene Systeme gesehen. Sie tauschen wie Ökosysteme über ihre Grenzen hinweg Stoffe, Energien und genetische Informationen aus und sind durch Stoffumlagerungsprozesse miteinander gekoppelt. Nur deshalb sind sie auch offen für jegliche externe Eingriffe wie Veränderungen im Strahlungshaushalt, Klimawandel, Änderung der Atmosphärenzusammensetzung (z. B. Ozon, CO_2) oder der Landnutzung (Rodung, Melioration), Anreicherung von Schad- und Nährstoffen und Einführung exotischer Organismen. Im Gegensatz zu langsamen Veränderungen, an die sich Ökosysteme anpassen können, werden rasche und übermäßige Änderungen als problematisch gesehen. Diese führen zu einer Überlastung des Systems, welche das System nicht mehr kompensieren kann.

Bodendegradation wird folgendermaßen definiert:

„Anthropogene Bodendegradationen sind dauerhafte oder irreversible Veränderungen der Strukturen und Funktionen von Böden oder deren Verlust, die durch physikalische, chemische oder biotische Belastungen durch den Menschen entstehen und die Belastbarkeit des Systems überschreiten“ (WBGU 1994, S. 49).

Dauerhaft bedeutet in dieser Definition, dass die Schäden in menschlichen Zeiträumen (100-120 Jahre) nicht mehr bodenintern ausgeglichen werden können. Sie könnten jedoch durch den Einsatz von Energie und Rohstoffen umweltverträglich und ökonomisch beseitigt werden. Irreversibel bedeutet, dass die Veränderungen nur mit ökonomisch und ökologisch unangemessenem Einsatz von Energie und Rohstoffen oder gar nicht mehr nivelliert werden können. Die Beurteilung der Degradation wird aus zwei verschiedenen Perspektiven betrachtet. Aus Sicht des Nutzens für den Menschen bedeutet Bodendegradation einen Verlust oder die Einschränkung der Funktionen der Böden. *„Aus*

ökologischer Sicht gibt es kein ‚gut' und ‚böse', sondern lediglich eine Reaktion der Systeme auf sich ändernde Außenbedingungen" (WBGU 1994, S. 50).

Menschen kultivieren und schädigen den Boden durch die Ausbeutung natürlicher Ressourcen ohne die Prinzipien der Nachhaltigkeit zu beachten. Als Ursachen werden unangemessene Waldnutzung und Entwaldung, und die Änderung der Nutzungsformen gesehen. Diese werden z. B. erkenntlich an Überweidung, Ackerbau, Abbau von Bodenschätzen, Siedlungen, Deponierung von Stoffen, Verkehr und Krieg.

Außerdem werden Böden durch intensive industrielle Tätigkeit, technisierte Land- und Forstwirtschaft und stetiges Anwachsen des Verkehrs bedroht. Hierzu zählen Verdichtung, Versauerung, Versiegelung und Kontamination der Böden. Die Bodenressourcen werden v. a. in den Industrieländern durch hohe Stoff- und Energieumsätze, Emissionen und Immissionen gefährdet.

Es werden vier verschiedene Arten der Bodendegradation benannt: Wasser- und Winderosion (Abtrag und Verlust von Bodenmaterial) und physikalische und chemische Degradation (Erhalt der Bodenmasse, wobei negative Veränderungen induziert werden). Es wird außerdem die biotische Degradation angegeben. Sie zeichnet sich jedoch eher durch ein lückenhaftes Wissen und nur wenig Informationen auf globaler Ebene aus. Die Bodendegradation wird sich auf Grund des Klimawandels verstärken.

Folgen von raschen und starken Belastungen, welche die Regenerationsfähigkeit der Böden übersteigen, sind mittelfristige, dauerhafte und irreversible Bodenveränderungen. Diese Veränderungen bzw. Zerstörung wirken sich, verbunden mit dem Vegetationsverlust, lokal und global auf den Klima- und Wasserhaushalt aus und führen zu Veränderungen in der Landschaft. Folglich zerstören die Menschen damit ihre eigene Lebensgrundlage. Die Folgen der Bodendegradation können auch bei gleichen Ursachen, z. B. in unterschiedlichen Regionen der Erde, recht unterschiedlich ausfallen, da sie auch durch die physikalischen, chemischen, biotischen und die sozioökonomischen und kulturellen Ausgangsbedingungen geprägt werden. Ebenso können die gleichen Phänomene unterschiedliche Ursachen haben.

Bodendegradation ist ein weltweites Problem. Bereits 15% der eisfreien Landoberfläche (~ 20 Mio. km^2) weisen deutliche anthropogen bedingte Degradationserscheinungen auf. Davon fallen allein auf die Wassererosion 58%. Die Winderosion nimmt 28%, die chemische Degradation 12% und die physikalische Degradation noch 4% der Degradationserscheinungen ein. In dieser Aufzählung sind die Degradation von Waldböden und die latenten Belastungen, die sich über längere Zeiträume hinziehen aber noch nicht enthalten. Am stärksten betroffen von dem Phänomen der Bodendegradation sind die ärmsten Länder der Welt. Aufgrund der regional unterschiedlichen Verteilung der Degradationstypen, -ursachen und -grade müssen lokale Analysen zu regionalspezifischen Lösungsansätzen führen.

Die negative Entwicklung erreicht ihren Gipfel in den letzten 150 Jahren, die Folgen der Bodendegradation werden aber in den nächsten 20-30 Jahren noch ausgeprägter in Erscheinung treten.

Chemisch bedingte Bodendegradation (S. 54)

Zur chemisch bedingten Degradation zählen:

- Nährstoffverluste oder Verluste organischer Substanz durch die Störung natürlicher Systeme oder durch die Land- und Forstwirtschaft, z. B. wenn ausgewaschene Nährstoffe nicht ersetzt werden, v. a. bei nährstoffarmen Böden.
- Versalzung und Alkalinisierung durch unsachgemäße Bewässerung, den Anstieg salzhaltigen Grundwassers oder das Eindringen salzhaltigen Seewassers in Küstenregionen.
- Kontamination oder Vergiftung z. B. durch industrielle oder landwirtschaftliche Schadstoffe, Abfalldeponien, Überdüngung, Missbrauch von Pestiziden, Säuredeposition, Emission von Fahrzeugen v. a. in Industrieländern und urbanen Ballungszentren.
- Versauerung des Bodens (s.u.)

Versauerung (S. 54, 82, 86, 94-95, 98)

Versauerung ist in den humiden Klimaten ein natürlicher Vorgang durch Abbau von Biomasse, Wurzelatmung, Nitrifizierung und Humifizierung. Als Beschleuniger der natürlichen Versauerung werden Industrie und Landwirtschaft verantwortlich gemacht (Abbildung 3).

„Infolge zunehmender Verbrennung fossiler Brennstoffe und Ausweitung insbesondere der Intensivlandwirtschaft haben die Emissionen von Ammoniak (NH_3), Stickoxiden (NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2) zugenommen. Diese Spurengase werden in der Atmosphäre in Ammonium (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-) bzw. Sulfat (SO_4^{2-}) umgewandelt, die versauernd auf die Böden wirken, selbst wenn sie neutralisiert verfrachtet werden“ (WBGU 1994, S. 82).

Die Verstädterung führt zu Emissionen aus Haushalten, Verkehr und Industrie. Die sauren Depositionen gelangen dann aus der Atmosphäre aber auch aus der Düngung und dem Biomasseexport in den Boden. Regional kommt es durch reduzierte Schwefelverbindungen in Küstenregionen und sulfidhaltige Halden des Bergbaus zur Versauerung. Die Entwicklung der Versauerung ist regional unterschiedlich. Global gesehen ist Sulfat, als der wichtigste Säurebildner, verdreifacht worden und die Säurekonzentration im Niederschlag ist gestiegen. In einigen Gebieten Europas und Nordamerikas geht der Sulfateintrag jedoch aufgrund von Emissionsminderungsmaßnahmen zurück. Der Säuregehalt des Regens hat sich wegen der parallelen Abnahme der neutralisierenden Kationen aber nur gering abgeschwächt. In den letzten Jahrzehnten hat der Säuregehalt der Böden um den Faktor 3-10 zugenommen und die Wirkung der Einträge ist vor allem auf wenig puffernden Böden sehr kritisch. Es werden verschiedene Folgen beschrieben. So führt fortschreitende Bodenversauerung

„zu Nährstoffverlusten, zur Mobilisierung eventuell toxisch wirkender Metallionen und phenolischer Verbindungen sowie zu erhöhter Verwitterung mineralischer Anteile (Silikate). Mit sinkendem pH-Wert nimmt die Schwermetallmobilität zu, die Filterfunktion der Böden geht zurück. Unter einem pH-Wert von ca. 4 verstärkt sich die Schwermetallauswaschung (Zn, Mn, Ni, Co) erheblich. PH-Werte

und Schwermetallkonzentrationen im Sicker- und Grundwasser erreichen unter pufferschwachen Gesteinen in Mitteleuropa bereits Werte, die nicht mehr der EU-Trinkwasserrichtlinie entsprechen" (WBGU 1994, S. 95).

Als Maßnahmen gegen die Versauerung werden Kalkungen durchgeführt um die Säuremenge zu neutralisieren. Mit dieser Maßnahme können aber ein verstärkter Humusabbau und die Auswaschung von Stickstoff einhergehen.

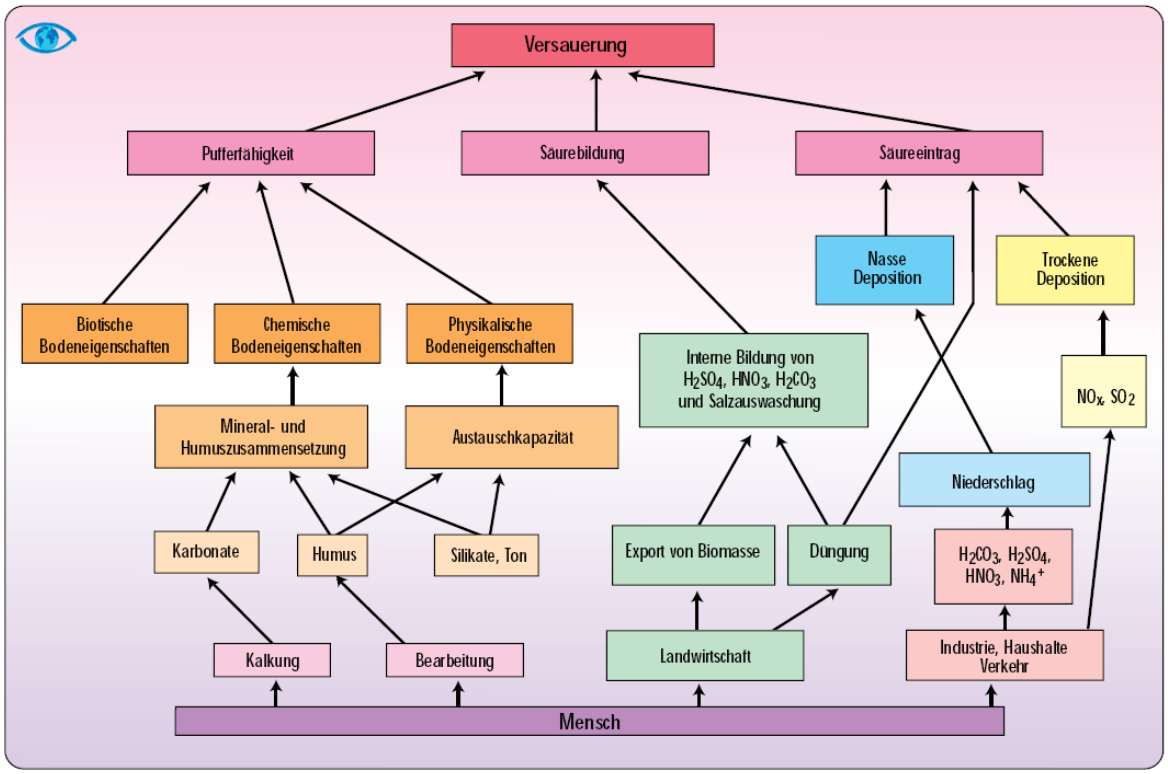

Abbildung 3: Bodenversauerung (WBGU 1994, S. 66)
Die Versauerung von Böden hängt von drei Größen ab: dem Säureeintrag, der bodeninternen Säurebildung und der Pufferfähigkeit. Immer wenn die Raten von Säurebildung und -eintrag größer sind als die Pufferfähigkeit, kommt es zu einer Absenkung des pH-Wertes, manchmal bis unter 4,5. Dabei kommt es unter Freisetzung von Aluminium-Ionen und später auch Eisen-Ionen zur raschen Auflösung der Tonminerale und anderer Bodensilikate. Dieser Bereich ist für die meisten Kulturpflanzen lebensfeindlich.

.

Physikalisch bedingte Bodendegradation (S. 54-55)

Zur physikalisch bedingten Bodendegradation gehören Phänomene wie Versiegelung, Verdichtung, Überdeckung und Bodenabsenkung. Auf die Verdichtung und Versiegelung wird im Folgenden genauer eingegangen.

Verdichtung (S. 53, 57, 93)

Unter Verdichtung wird die *„Verringerung des Gesamtvolumens des Bodens durch Verpressung oder Setzung"* verstanden (WBGU 1994, S. 93). Dadurch verändern sich die Lagerungsdichte, das Porenvolumen und die Porengrößenverteilung. Die Bodenverdichtung hängt von der Kompaktierbarkeit des Bodens und von der mechanischen Belastung ab (Abbildung 4).

Als eine Ursache wird die Technisierung der Land- und Forstwirtschaft angegeben. Das Bodengefüge wird durch den Einsatz schwerer Maschinen und/oder bei geringer Gefügestabilität des Bodens durch zu viel Wasser und hohe Tongehalte verdichtet und deformiert. Eine weitere Ursache liegt in der Verstädterung mit ihrer hohen Bautätigkeit. Durch die Verdichtung kommt es zu irreversiblen Schäden bis in große Tiefen, wie dem Rückgang der Durchwurzelbarkeit des Bodens, der bodenlockernden Organismen und damit der Regenerationsfähigkeit der Böden. Es kommt zum Absinken der potentiellen Versickerungsrate des Wassers und der Grundwasserneubildung. Gleichzeitig steigen der Oberflächenabfluss, die Erosionsgefahr und die Hochwassergefahr.

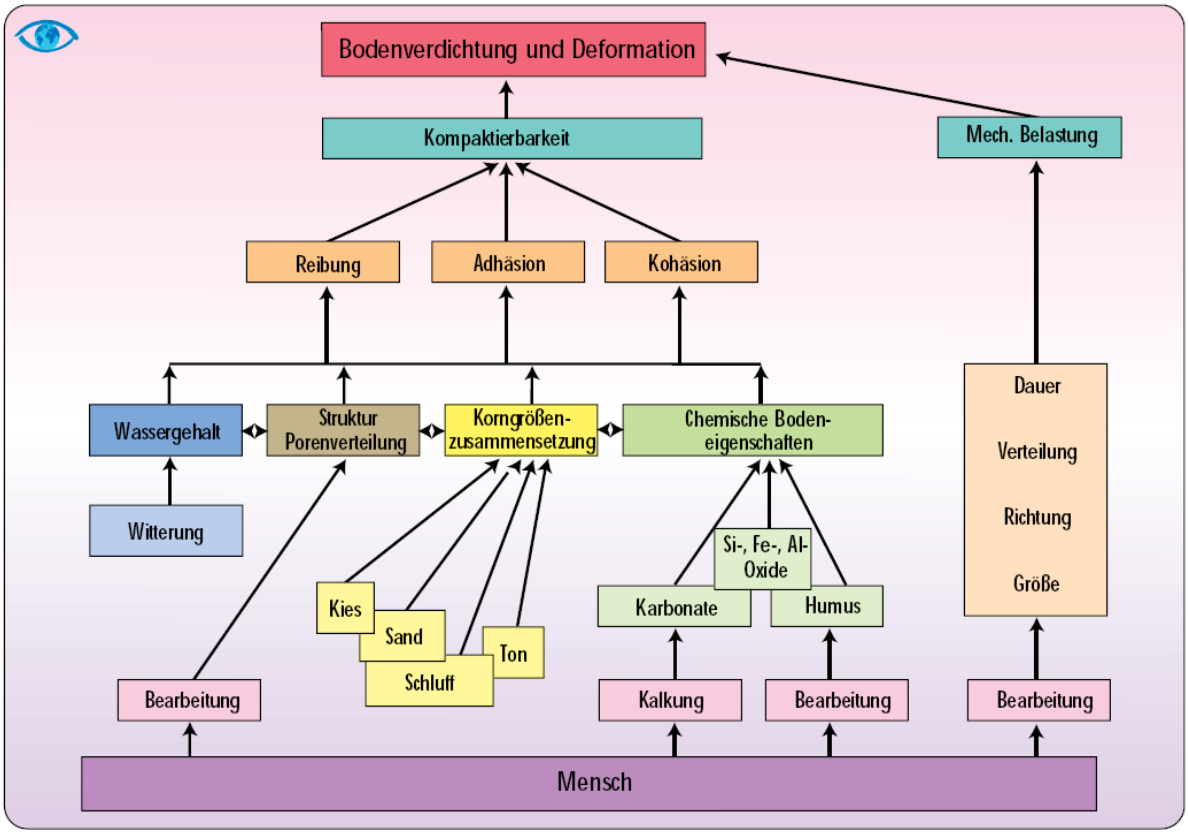

Abbildung 4: Bodenverdichtung (WBGU 1994, S. 55)
Die Bodenverdichtung hängt von der Kompaktierbarkeit der Böden und der jeweils wirksam werdenden Belastung ab. Beide lassen sich in vielfältiger Weise beeinflussen. Fehler, die zur Bodendegradation führen, treten auf, wenn schwere Maschinen falsch bereift sind oder zur Unzeit für die Bearbeitung eingesetzt werden. Diese „Unzeit“ wird wesentlich durch hohe Wassergehalte geprägt, die die Kompaktierbarkeit stark vergrößern.

Wasser- und Winderosion (S. 49, 95-96, 101, 104, 107)

Viele der Ursachen und Folgen der Wasser- und Winderosion sind ähnlich und werden hier gemeinsam vorgestellt. Der Abtrag von Böden durch Wasser und Wind wird dabei als natürlicher Prozess angesehen, der durch die Eingriffe des Menschen verstärkt wird. Die Rodung von Wäldern mit anschließender unangepasster Nutzung wird als eine Hauptursache angeführt. Anteilsmäßig werden als Ursachen Überweidung mit 35%, Rodung mit 30%, Ackerbau mit 28%, Übernutzung mit 7% und industrielles Einwirken mit 1% genannt. Weitere Gründe für Bodenerosion sind z. B. der Ausbau von Gewässern und Flussbegradigungen und das Absenken des Grundwasserspiegels in

Küstenniederungen und Auen. Als die zwei bestimmenden Faktoren werden die Erodierbarkeit des Bodens, die sich aus den Bodeneigenschaften, der topographischen Lage und Ausrichtung und der Bewirtschaftung ergibt und die Erosivität des Klimas benannt.

Die Böden bedeckende Vegetation stellt einen Schutz vor Erosion dar. Mit der Rodung der Wälder geht diese Schutzfunktion für den Boden natürlich verloren. Es wird eine Reihe von Folgen einerseits für die Gebiete, in denen der Boden verloren geht, als auch für die Gebiete, in welche der Boden eingeschwemmt oder getragen wird, beschrieben.

So können Böden langfristig durch intensive Bodenerosion völlig zerstört werden. Mit der Erosion von Acker- und Weideland gehen z. B. Nährstoffe verloren, was zu einer Beeinträchtigung bzw. der Zerstörung der Regelungsfunktion des Bodens führen. Es kann aber auch Gesteinsmaterial für eine erneute Bodenbildung freigelegt werden. Außerdem reduziert sich das Artenreichtum und es kommt zu Veränderungen des Mikroklimas und des Wasserhaushaltes welche Auswirkungen für das Bodenökosystem haben. Für die borealen Nadelwälder wird mit dem Wegfall der Vegetationsdecke eine stärkere Sonneneinstrahlung mit zunehmender Erwärmung des Bodens, dem Abtauen der Schneedecke und dem Ausdehnen der sommerlichen Auftauzone des Permafrostgebietes beschrieben. Dies führt zum verstärkten Abbau der Humusauflage und einer schnelleren Freisetzung der gespeicherten Nährstoffe. Weiterhin führen die Verringerung der Infiltrationsrate und die geringere Wasserspeicherkapazität zu einem stärkeren Oberflächenabfluss, Erosionsschäden oder Versumpfung. Die Tundra breitet sich zu Lasten der borealen Nadelwälder aus. *„Partikuläres sowie gelöstes Bodenmaterial wird vom Regenwasser oder vom Wind aufgenommen und gelangt durch Oberflächenabfluss „kanalisiert“ über die Flüsse bzw. diffus durch die Luft ins Meer“* (WBGU 1994, S. 96). Durch den weggeschwemmten Boden kann es zu einer großen Sedimentfracht und unkalkulierbaren Überschwenmmungen kommen, die Siedlungen, Ernten und Viehbestände zerstören und Menschenleben gefährden. Folge des Sedimenteintrages in Binnengewässer und Meere ist einmal die Wasserverschmutzung und Eutrophierung der Gewässer und die mögliche Verlandung von Seen und Flussunterläufen durch die Sedimentation. Gerade im Küstenbereich der Meere kommt es zu Schäden an Ökosystemen, die für den Menschen zum Teil lebenswichtig sind. Der erhöhte Sedimenteintrag zerstört Wattlandschaften, Korallenriffe und Mangrovenwälder und die Akkumulation von Schadstoffen in der Nahrungskette führt zur nachhaltigen Schädigung von Biozönosen und der Vergiftung des Menschen als Endkonsument.

Wassererosion (S. 52)

Auftreffende Regentropfen und Oberflächenabfluss von Wasser werden als Ursachen für die Wassererosion angegeben. Die Erosion ist dabei abhängig von den wirkenden Standortbedingungen wie Witterung, Relief usw. Durch die Eingriffe des Menschen wie Bestandspflege, Bodenbearbeitung, biotische, chemikalische oder physikalische Eingriffe kann die Erosion stark beschleunigt oder durch gezielte Maßnahmen auch verringert werden. Die Folgen der Wassererosion sind vielfältig. Es kommt

zur Verschlämmung und Verkrustung des Oberbodens durch die Zerschlagung der Bodenstruktur und damit zur Beeinträchtigung des Pflanzenwuchses. Der Verlust von Oberbodenmaterial und Nährstoffen führt zu Produktionseinbußen. Das Gelände kann durch Rinnen und Gräben zerstört werden. Auch hier kommt es zu einem Verlust von Bodenmaterial und das Land wird für die Bewirtschaftung unbrauchbar. Außerdem werden die Unterhänge und Täler durch das abgespülte Material überdeckt. Von der Wassererosion sind ca. 1,1 Mrd. ha Land betroffen, wovon 56% in den humiden Gebieten und 44% in den Tropen und Subtropen liegen (Abbildung 5).

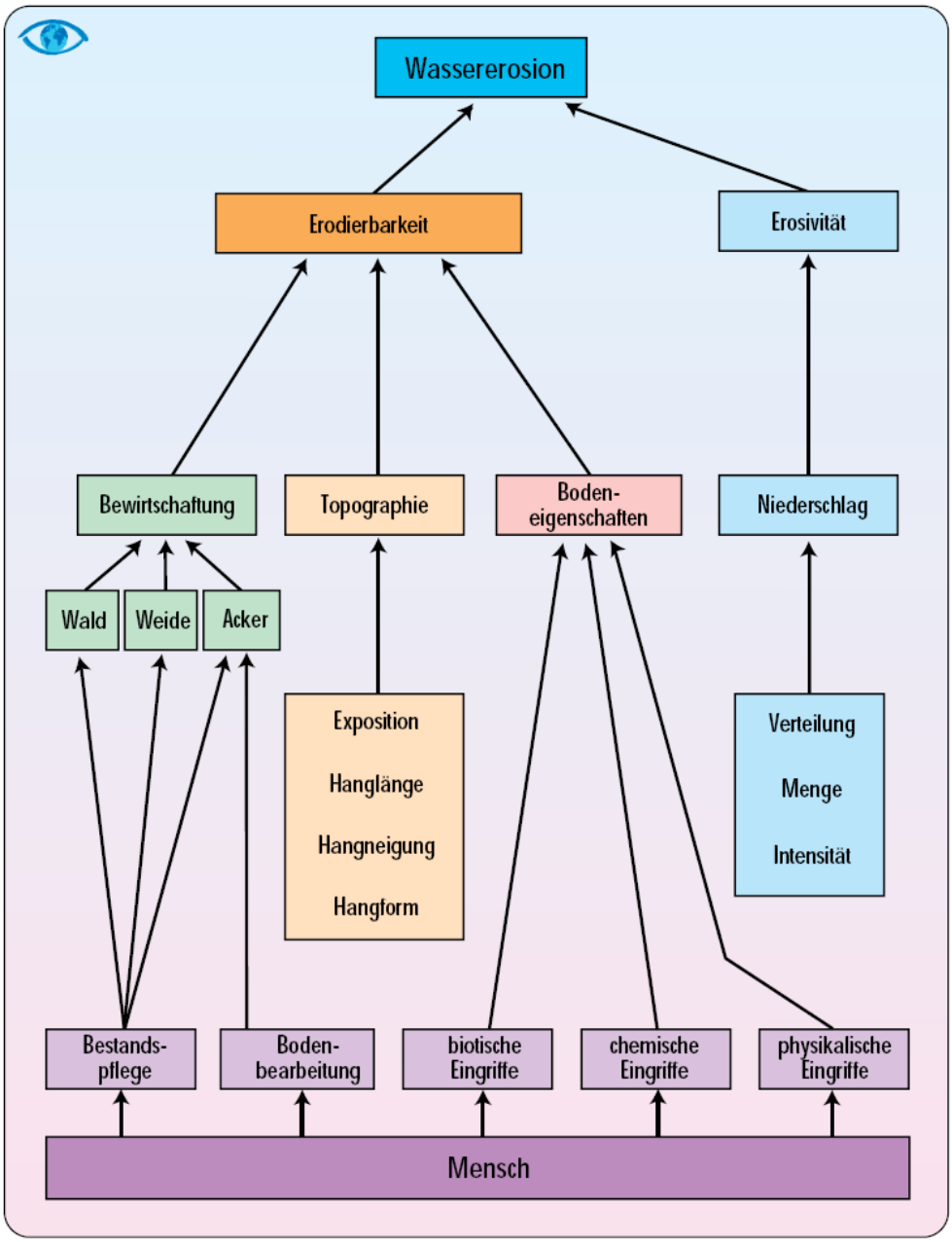

Abbildung 5: Wassererosion (WBGU 1994, S. 53)
Die Wassererosion wird standortbedingt von zwei Größen bestimmt: Erosivität der Niederschläge und Erodierbarkeit der Böden. Während der Mensch die Erosivität bisher noch wenig verändert hat, greift er in die Erodierbarkeit massiv ein, bisher mit überwiegend negativen Folgen für die Böden. Bei guter Kenntnis der Standortbedingungen lassen sich aber Nutzungsstrategien entwickeln, die diese Form der Erosion weitgehend vermeiden.

Winderosion (S. 52-54)

Winderosion wird als Verlagerung von Bodenmaterial durch den Wind definiert. Auch die Winderosion wird durch menschliche Eingriffe wie die Reduktion der Vegetationsdecke, Überweidung und Bodenbearbeitung erhöht. Folgen sind ein gleichmäßiger Abtrag des Oberbodenmaterials, Geländedeformation durch Ausblasungskavernen und Dünen und die Überdeckung von weiter entfernten Stellen mit dem erodierten Material. Es kann zu Nebeneffekten wie der Verschlickung von Flussläufen, Versandung von Verkehrswegen und Siedlungen verbunden mit wirtschaftlichen Schäden kommen. 94% der 0,5 Mrd. ha die durch Winderosion geschädigt sind, liegen in den semiariden und ariden Gebieten der Erde, die nur eine dünne oder lückenhafte Vegetationsdecke aufweisen oder in denen der Boden eine grobe Textur besitzt.

Bedeutung des Bodens für den Menschen (S. 41-42; 134-139)

Der Bezug Mensch-Boden und der Kontakt zwischen Mensch und Natur haben in der Industriegesellschaft und mit zunehmender Urbanisierung abgenommen. Boden ist, im Gegensatz zur Hochschätzung des Bodens im religiös-mythischem Sinn als „Mutter Erde“, „Göttin der Fruchtbarkeit“ oder „heiligem Boden“, eher negativ besetzt und wird verbunden mit „Dreck und Schmutz“. Als Ursache wird auf die Nicht-Wahrnehmbarkeit verwiesen, die im Folgenden noch genauer erläutert wird. Diese unterschiedliche Bedeutung und Wertschätzung des Bodens ist nicht nur in verschiedenen Gesellschaften, sondern auch bei verschiedenen Individuen, Gruppen und in verschiedenen Epochen erkennbar.

Boden hat einerseits im naturwissenschaftlichen Gebrauch die Bedeutung als physisches Substrat im Sinne von Erde, Erdreich, Acker, äußerste Schicht der Erdrinde, Pedosphäre. Er dient als Produktionsfaktor. Der Begriff Boden darf aber nicht auf den Aspekt des physischen Substrates reduziert werden. Da der Boden für die Menschen wichtige Funktionen in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Energie- und Rohstoffwirtschaft, Industrie und Gewerbe, Siedlungstätigkeit, Verkehr, Erholung und Freizeit sowie Entsorgung erfüllt, muss der Bodenbegriff auch um diese erweitert werden.

Bereits im alltäglichen Sprachgebrauch werden verschiedene Bedeutungsfelder deutlich, die sich z. B. auf seine natürlichen Qualitäten beziehen, wie: etwas fällt „auf fruchtbaren/guten Boden“, wird „aus dem Boden gestampft“, oder ihm wird „der Boden bereitet“ oder er wird als *Grundfläche* (z. B. den Fußboden), und *Grundlage* (den Boden „der Tatsachen“, „der Verfassung“), auf der man sich bewegt (man hat „festen Boden unter den Füßen“) bezeichnet. Boden verkörpert Sicherheit („goldenen Boden des Handwerks“), die entzogen werden kann („der Boden entzogen“, einer Person „der Boden unter den Füßen weggezogen“). Menschen eignen sich den Boden als Territorium bzw. Eigentum an Land an („Grund und Boden“, „an Boden gewinnen“ oder „verlieren“). Er gilt als sichere Kapitalanlage. Boden findet seine Bedeutung auch als unterste Fläche eines Gegenstandes (Koffer).

Wahrnehmung des Bodens (S. 135-139; 141-142)

Im Bezug auf die Industrieländer wird deutlich, dass der Boden kaum oder gar nicht wahrgenommen wird. Er gilt als selbstverständlich und war schon immer vorhanden. Diese geringe Wahrnehmung drückt sich z. B. darin aus, dass Boden auch in der Wissenschaft und Politik erst mit dem Waldsterben sehr spät wahrgenommen wurde bzw. als schützendes Gut bis in die 1980er Jahre in der Umweltschutzgesetzgebung schlichtweg vergessen wurde.

Die geringe Wahrnehmbarkeit hängt mit einer Reihe von Gründen zusammen. So sind Böden in den Industrieländern meist anthropogen überformt oder sogar versiegelt. Sie sind im Gegensatz zu Wasser und Luft nicht unmittelbar überlebensnotwendig. In Bezug auf die Bodendegradation sieht es ähnlich aus. Böden werden erst dann beachtet, wenn sie nicht mehr wie selbstverständlich funktionieren und die Bodenschädigungen offensichtlich werden.

„…der quantitative Ge- und Verbrauch von Boden (wird) kaum je bewusst, da Bodendegradation häufig indirekt und versteckt erfolgt und es nicht selten zu einer räumlichen und zeitlichen Trennung von Ursachen und Wirkungen kommt. Dass Luftverschmutzung, die Abholzung von Wäldern oder die Urbanisierung etwas mit Boden zu tun haben, gerät dabei häufig genauso wenig in den Blick wie die „Fernwirkungen“, etwa die räumliche Trennung von Stoffkreisläufen, wie sie z. B. durch den Welthandel mit Futtermitteln forciert wird“ (WBGU 1994, S. 136).

Außerdem werden die langen, indirekten Kausalketten zwischen Ursachen und daraus resultierenden Bodendegradationen und die vielen Formen der Bodendegradation, die durch die unterschiedlichsten Ursachen und Handlungen ausgelöst werden, können als Begründung für die geringe Wahrnehmung genannt. Ursache-Wirkungsgefüge sind für die Menschen kognitiv nicht repräsentiert und können dementsprechend auch nicht handlungsleitend werden. *„Zum anderen ist der einzelne in seinem alltäglichen Verhalten kaum einmal unmittelbar als Bodenschädiger auszumachen“* (WBGU 1994, S. 142).

Belastbarkeit von Böden (S. 59-81)

Bodendegradation wird als ***Überlastung*** der jeweiligen Ökosysteme definiert. Um die durch den Menschen verursachten Eingriffe in Bezug auf die natürliche Bodenstruktur und die Bodenfunktionen beurteilen zu können, wurde ein neues Konzept der Belastbarkeit und Tragfähigkeit von Böden entwickelt. Das Konzept beruht auf den drei Kategorien kritische Einträge, kritische Eingriffe und kritische Austräge und stellt eine Erweiterung des critical-loads-Konzepts dar, welches für die Luftverunreinigung und Schadstoffeinträge in Wälder entwickelt wurde (BEESE 1992). Dabei handelt es sich um

„*Energie-, Materie- oder Informationsflüsse über die jeweiligen Systemgrenzen hinweg, welche in den Böden kritische Zustände hervorrufen. Als kritisch werden dabei Zustände der Bodenstruktur oder Bodenfunktionen bezeichnet, bei denen eine Überlastung des Systems auftritt und deren Folge Bodendegradationen sind.“* (WBGU 1994, S. 59, 61).

Weiterhin werden die kritischen Zustände des Bodens mit in das Bewertungsschema einbezogen. Das Konzept bezieht Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Systemen mit ein und bedenkt kritische Austräge des Gebersystems, welche das eigene System nicht geschädigt haben, für das Nachbarsystem jedoch kritisch werden könnten (vgl. Abbildung 6).

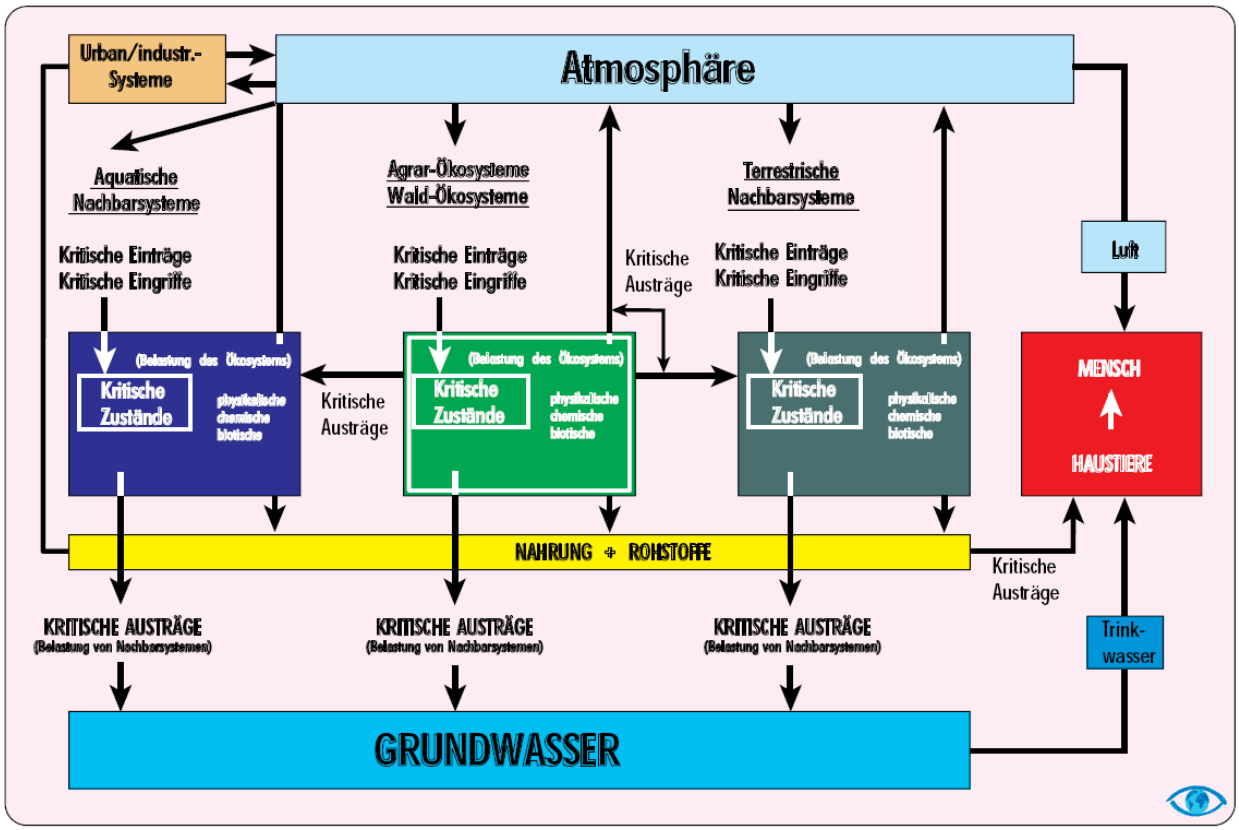

Abbildung 6: Bewertungsschema (WBGU 1994, S. 60)

Im Folgenden werden die Kategorien näher erläutert:

Kritische Einträge (critical loads)

Bei den kritischen Einträgen handelt es sich um Schadstoffe wie Säuren, Schwermetalle, Salze, Pestizide oder auch Nährstoffe, die in das Ökosystem eingebracht werden und dieses belasten. Die Indikatoren für die Bewertungsgrundlage sind unterschiedlich und beziehen sich entweder auf

- bodeninterne Prozesse (so orientiert sich z. B. der kritische Eintrag von Säuren an der Pufferrate von Böden)
- eine bestimmte Menge oder Konzentration eines Stoffes (Beispiel: Der kritische Eintrag hängt bei Pestiziden von der Abbauintensität derselben im Boden ab; kritische Einträge von Salz orientieren sich an der Salzverträglichkeit der Kulturpflanzen)
- den Austrag (Beispiel: Bei Stickstoff oder Pestiziden zeigen Grenzwerte für Trinkwasserqualität die Überlastung an)

Kritische Eingriffe (critical operations)

Unter kritischen Eingriffen versteht man physikalische Eingriffe, die zu kritischen Veränderungen der natürlichen Bodenstruktur und Einschränkungen der Bodenfunktionen führen. Beispiele wären *„Zerschneidung von Bodeneinheiten, Verdichtung, Versiegelung, Bodenbearbeitung oder biotische Eingriffe wie pflanzenbauliche und tierhalterische Maßnahmen“* (WBGU 1994, S. 62).

Auch hier müssen Indikatoren gefunden werden, mit denen Grenzen für Eingriffe festlegt werden können. So darf z. B. bei der Beweidung der Viehbesatz eines Gebietes dessen Tragfähigkeit nicht überschreiten, sonst kommt es zur Überweidung. Ein weiteres Beispiel ist die Bodenverdichtung. Die mechanische Belastbarkeit der Böden darf durch den Druck der eingesetzten Maschinen (Traktoren, Mähdrescher…) nicht überschritten werden, da ansonsten die natürliche Bodenstruktur zerstört werden würde, mit den entsprechenden Folgen für die damit zusammenhängenden Bodenfunktionen.

Kritische Zustände (critical states)

Kritische Zustände im Boden entstehen durch kritische Eingriffe, kritische Einträge und auch Austräge, welche die natürliche Bodenstruktur und die Bodenfunktionen dauerhaft verändern. Indikatoren für eine Bewertung liegen für diesen Bereich noch nicht vor und müssten dringend erarbeitet werden.

Insgesamt liegen für die Bewertung der Böden, ihrer Struktur und der Bodenfunktionen noch keinerlei verbindliche Werte vor, die als Grenzwerte dienen könnten. Daher wird empfohlen ein Indikatorensystem zu entwickeln, welches sich einerseits auf den stofflichen Bereich (spezielle Schadstoffe etc.) bezieht, andererseits aber auch die Bewertung der Bodenstruktur und der Bodenfunktionen über eigens ausgewählte Indikatoren berücksichtigt. Für die Bewertung einzelner Böden könnte dann eine Indikatorenkombination herangezogen werden.

Kritische Austräge (critical losses)

Hierbei handelt es sich um *„Austräge von Stoffen oder Organismen, die kritisch für die Böden werden können oder die kritische Einträge in Nachbarsysteme darstellen.“* (WBGU 1994, S. 64)

Die Austräge können für

- das empfangende Nachbarsystem schädlich werden. So führt der Austrag an Stickstoff oder Pestiziden zu Belastungen des Trinkwassers oder der Nahrungsmittel und somit zur Gefährdung der Gesundheit des Menschen und der Tiere.
- den Boden selbst kritisch werden, z. B. beim Bodenverlust durch Erosion oder beim Nährstoffverlust durch Auswaschung oder Bodenversauerung.

„Eine wesentliche Aufgabe der Zukunft wird es sein, für verschiedene Arten von Belastungen die Belastbarkeit von Böden genauer zu definieren“ (WBGU 1994, S. 66)

Tragfähigkeit

Ein wichtiges Konzept bei der Beurteilung der Böden ist das Konzept der Tragfähigkeit. Es stammt aus der Ökologie und wird als *„Anzahl von Individuen einer Art, die pro Flächeneinheit ihres*

Lebensraumes langfristig überleben können" definiert (WBGU 1994, S. 71). Wird die Tragfähigkeit überschritten, werden die Lebensgrundlagen langfristig gefährdet und zerstört, wandert die Population ab oder bricht zusammen. Tragfähigkeit wird dem oben vorgestellten Modell entsprechend als kritische Größe betrachtet. Der WBGU geht von der Begrenztheit der Produktivität eines jeden Standortes aus. Die Produktivität hängt dabei von verschiedenen Faktoren wie der Qualität der Böden, den klimatischen Bedingungen, und der Art der Landwirtschaft ab. Dabei kann es *„… durch Einträge, Eingriffe und Austräge zu Bodendegradation kommen, deren Folge auch eine reduzierte Produktivität der Böden sein kann und damit verbunden eine verminderte Tragfähigkeit."* (WBGU 1994, S. 72)

Andererseits kann durch Bodenverbesserung und durch pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Züchtungen) die Produktivität und somit auch die Tragfähigkeit erhöht werden.

„Die Tragfähigkeit für die Bevölkerung wird somit durch die Zahl der Menschen bestimmt, die langfristig pro Flächeneinheit Boden bei herrschendem Klima und den jeweiligen Nutzungsbedingungen ausreichend mit Nahrungsmitteln und nachwachsenden Rohstoffen versorgt werden kann, ohne dass es zur Degradation der Böden und zur übermäßigen Belastung von Nachbarsystemen kommt." (WBGU 1994, S. 72)

Bei der Ermittlung der Tragfähigkeit sollten über die Befriedigung der Grundbedürfnisse hinaus auch soziale und kulturelle Voraussetzungen des menschlichen Lebens berücksichtigt werden. Die Begrenzung der Tragfähigkeit der Böden liegt jedoch nicht nur in der Belastung der Böden selbst, sondern auch in denen der Nachbarsysteme. Nach WBGU dürfen *„weder die Umwelt der Böden noch ihre Nutzer und Verbraucher durch die Landnutzung belastet werden"* (S. 72). Das Tragfähigkeitskonzept wird vom WBGU als Ansatz gesehen um die Bevölkerung für bestehende und zu erwartende Missverhältnisse zu sensibilisieren. Das Konzept der Tragfähigkeit beruht nach der WBGU auf einer standortgerechten, nachhaltigen und umweltschonenden Bodennutzung. Ziel derselben ist *„die Erhaltung und Regenerierung der abiotischen und biotischen Lebensgrundlagen von Kulturlandschaften mit ökonomischer Bodennnutzung zu vereinen" (*WBGU 1994, S. 75).

Ökonomische Beurteilung von Böden

Böden haben aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen, v. a. der Lebensraum- und Produktionsfunktion aber auch der Regelungsfunktion immense Bedeutung für den Menschen. Böden werde daher *„im ökonomischen Sinne als Güter von globaler Bedeutung"* bezeichnet. Wird die Struktur der Böden durch menschliche Tätigkeit zerstört, die Bodenfunktionen eingeschränkt und die Nutzungsmöglichkeiten und die Leistungsfähigkeit der Böden herabgesetzt, stellt das auch einen ökonomischen Verlust dar. In Ermangelung eines fertigen Konzeptes fordert der WBGU daher im Rahmen der Forschung eine umweltökonomische Gesamtrechnung für das Umweltmedium Boden. Der WBGU geht davon aus, dass eine solche Rechnung das Bewusstsein für die zunehmende Bodendegradation schärfen und den Blick auf entsprechende Vermeidungsstrategien und Maßnahmen richten könnte. Dabei sollte von einem ökonomischen Gesamtwert des Bodens ausgegangen werden, der durch die Beanspruchung von Böden gemindert wird. Die Kostenfaktoren könnten sich an den beeinträchtigten Bodenfunktionen anlehnen. Kosten zur Bekämpfung nachteiliger Effekte durch

globale Umweltveränderungen und Maßnahmen für den Bodenschutz müssten mit einbezogen werden.

Als Teilziele wären der Erhalt und die Wiederherstellung der einzelnen Bodenfunktionen: die Regelungsfunktion, die Lebensraumfunktion, die Produktionsfunktion und die Kulturfunktion zu nennen. Diese Ziele könnten durch verschiedene Maßnahmen verfolgt werden. Neben der Drosselung des Bevölkerungswachstums müssten auch Maßnahmen für die Erhaltung der Böden und die standortgerechte Steigerung der Produktivität erfolgen. Dazu müsste das Potenzial für Ertragssteigerung vieler Regionen untersucht und entsprechende Vorschläge für standortangepasste Intensivierungen gemacht werden. Weiterhin sollten alle potentiell kulturfähigen Böden erfasst werden. Verknüpfend mit der ökonomischen Beurteilung von Böden fordert der WBGU kostendeckende Preise für die weltweite Einführung einer standortgerechten, nachhaltigen und umweltschonenden Bodennutzung, welche die Kosten für den Boden- und den Umweltschutz beinhalten. Für die Überwindung der Bodendegradation fordert der WBGU eine intensivere Forschung vor allem auf regionaler und globaler Ebene und die Prüfung, ob eine internationale Boden-Konvention einen Weg hin zum Bodenschutz darstellen könnte.

Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht (S. 144-153 ergänzt durch WBGU 1993, S. 197ff)

Im Hauptgutachten des WBGU zur „Gefährdung der Böden“ werden die Wechselwirkungen zwischen Boden und jeweils einem den Boden beeinflussenden Kompartiment (z. B. Biosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Wirtschaft u.a.) genauer beschrieben. Die Ergebnisse gehen in das bodenzentrierte globale Beziehungsgeflecht ein (Abbildung7 und 8). Der WBGU versucht durch eine empirisch-phänomenologische Systemanalyse (Bestimmung von Haupttrends, Synergieeffekten, neuralgischen Punkten, Rückkopplungsschleifen usw.) die inneren Zusammenhänge des Systems Erde in einem dynamischen Modell darzustellen. Mit der Darstellung eines globalen Beziehungsgeflechtes sollen Muster offengelegt werden, welche die Abhängigkeit weltweiter Entwicklungen zeigen. Dazu wird das System Erde in zehn Hauptbestandteile (Kompartimente) aus Natur- und Anthroposphäre aufgegliedert: die Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, Litho-/Pedosphäre, Bevölkerung, Wirtschaft, Verkehr, psychosoziale Sphäre, gesellschaftliche Organisation und Wissenschaft/Technik. Es werden in einem nächsten Schritt die Haupttrends, die wichtigsten auf den Boden bezogenen Entwicklungen im Rahmen des globalen Wandels, ermittelt und in Ellipsen den einzelnen Sphären direkt zugeordnet oder, wenn nötig, dazwischen platziert. Wechselwirkungen zwischen den Trends werden identifiziert und durch Verbindungslinien gekennzeichnet. Die Wechselwirkungen können innerhalb eines Kompartimentes oder auch zwischen verschiedenen Kompartimenten bestehen. Als Einwirkungen können verstärkende, abschwächende oder auch noch unbekannte Einflüsse gekennzeichnet sein. Auch die Kennzeichnung von Selbstverstärkung und Selbstabschwächung sind möglich. Eine Bewertung der Trends und der Wechselwirkungen wird durch die Ellipsengröße oder die Stärke der Verbindungslinien gekennzeichnet (WBGU 1993, S. 197-203). Ergänzend werden 1994

Auswirkungsgarben und Einwirkungsgarben eingeführt, welche eine Bündelung von verschiedenen Auswirkungen möglich macht, die auf ein und denselben Hauptmechanismus zurückgehen oder verschiedene Einwirkungsmechanismen zusammenfassen, die zu dem gleichen Zieltrend führen. Das beschriebene Beziehungsgeflecht wird im Jahresgutachten 1994 auf den Boden bezogen. Die grafischen Darstellungen der Einwirkungen (Abbildung 7) und der Auswirkungen (Abbildung 8**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) im bodenzentrierten globalen Beziehungsgeflecht machen die Komplexität des globalen Umweltproblems Bodendegradation sehr deutlich.

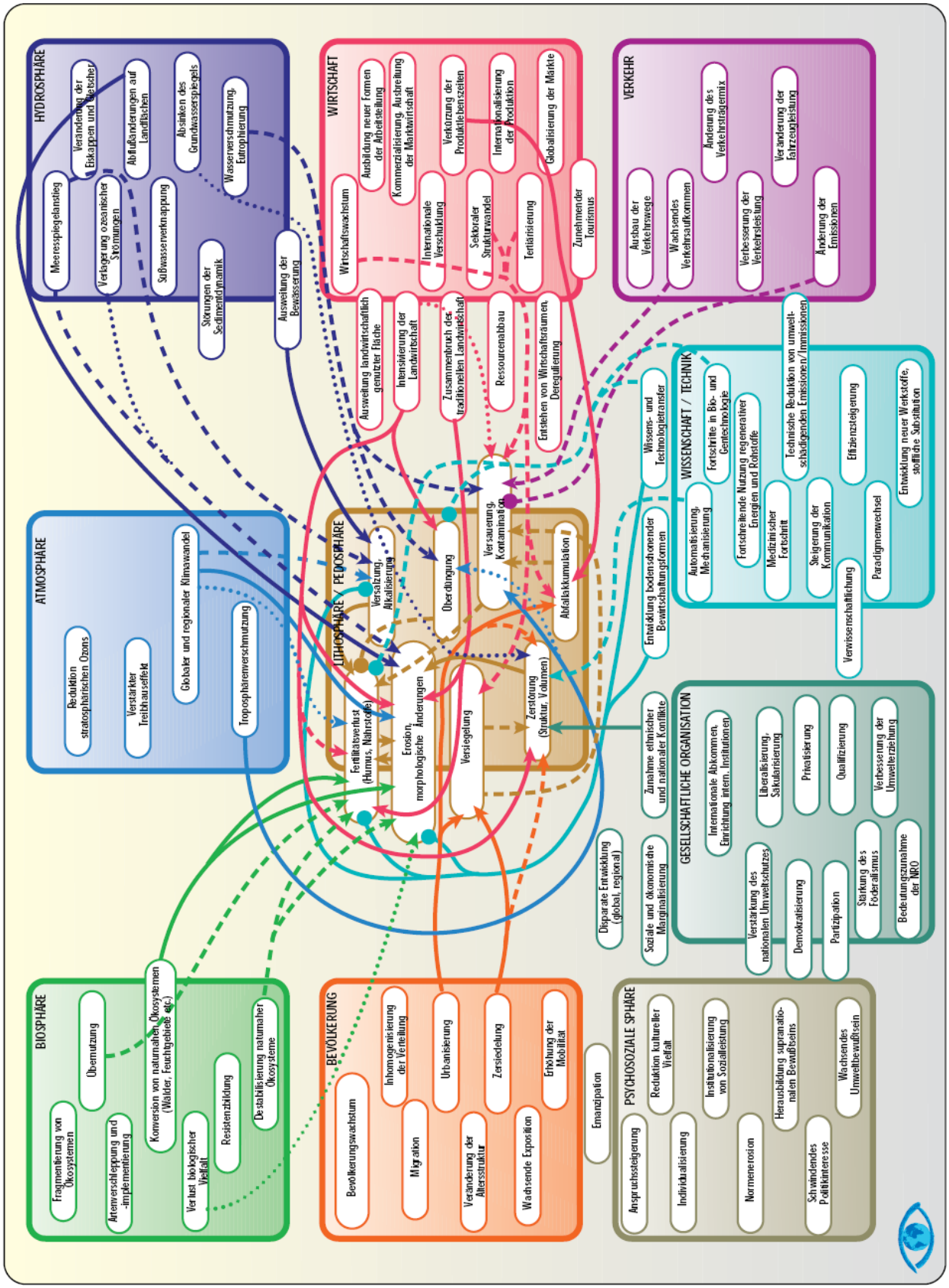

Abbildung 7: Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht: Einwirkungen (WBGU 1994, S. 146)

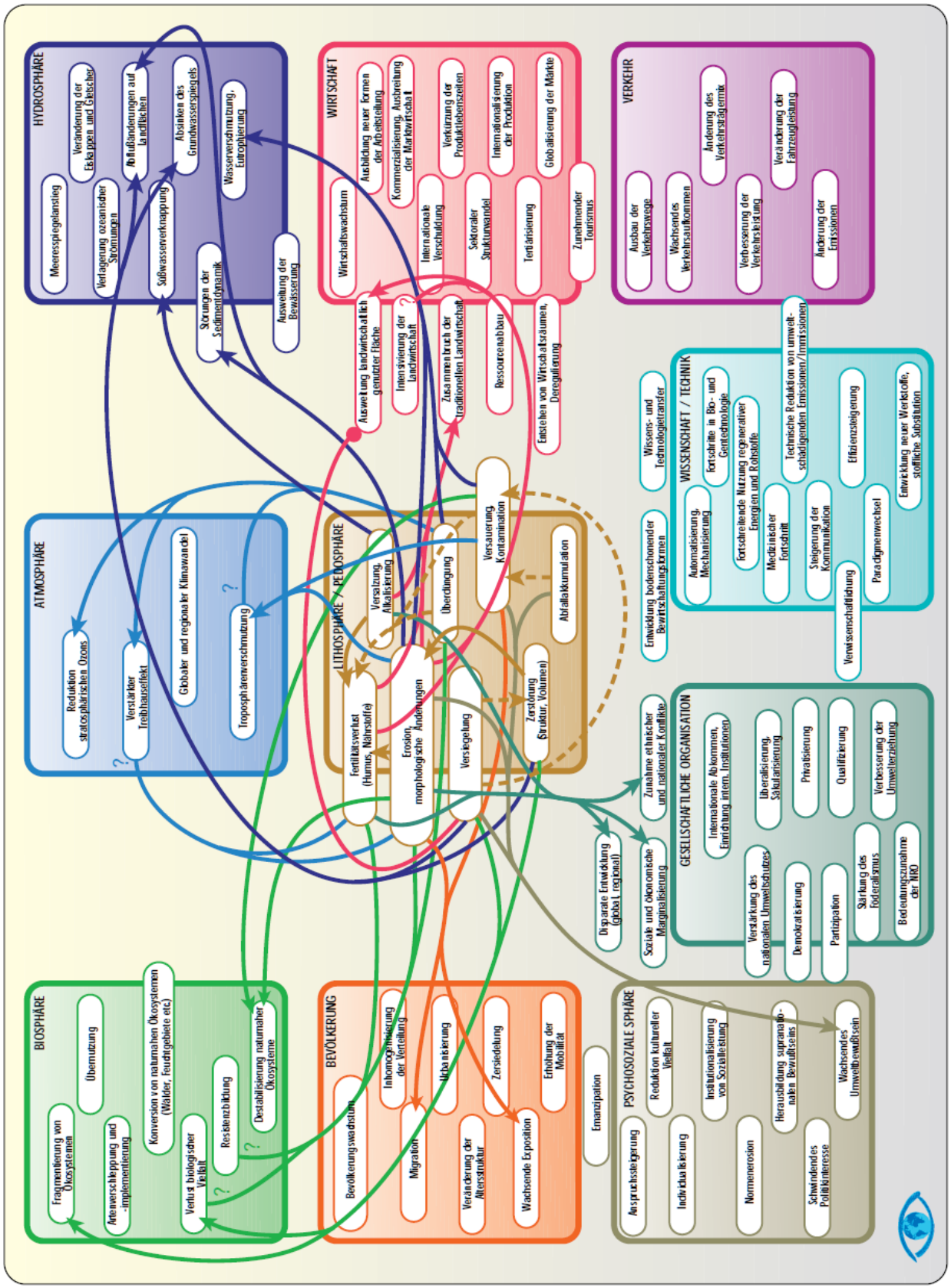

Abbildung 8: Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht: Auswirkungen (WBGU 1994, S. 176)

Der WBGU spricht bei der Bodendegradation vom komplexesten aller Umweltprobleme und führt diese Aussage darauf zurück, dass Böden als „Querschnittsmedien“ Überlappungsbereiche zwischen Litho-, Atmo-, Hydro-, Bio- und Anthroposphäre sind. Zwei wichtige Schlüsse aus den Ergebnissen sollten noch Berücksichtigung finden. Aus der engen Verknüpfung der Pedosphäre mit der Hydrosphäre folgt die Forderung des WBGU für ein integriertes Wasser-Boden-Management für weite Regionen der Erde. Außerdem wird für den gesamten globalen Wandel eine wachsende Distanz zwischen

- Ursache – Wirkung
- Absicht – Nutzen
- Subjekt – Objekt
- Verursacher – Leidtragenden und
- Produzent – Konsument deutlich.

Häufig können keine direkten Rückkopplungseffekte auf regionaler Ebene mehr ausgemacht werden. An deren Stelle treten Netze von „indirekten Wechselwirkungen mit großer Reichweite“, die das Problem der Bodendegradation wenig greifbar machen (WBGU 1994, S. 151).

Syndrome der Bodendegradation

Der WBGU sieht Schwächen in der vorgestellten fächerorientierten Darstellung des globalen Beziehungsgeflechts, da dieses Trends mit unterschiedlichen Ursachen, Charakteristika und Auswirkungen zusammenfasst. Das globale Beziehungsgeflecht wird als disziplinär-symptomorientiert bezeichnet, da unterschiedliche Beiträge *„zu einem weltweiten Trend zusammengefasst werden, obwohl sie sich nach Ursache, Charakter und Auswirkung unterscheiden“* (WBGU 1994, S. 153). Um dieses Defizit zu überwinden werden **Syndrome des globalen Wandels** in Bezug auf die Bodendegradation identifiziert, welche aus Teilgeflechten disziplinärer Symptome kombiniert sind. Das globale Beziehungsgeflecht wird daher durch ein *„syndromorientiertes Fundament von regionaler Auflösung, das von vornherein fächerübergreifend angelegt sein muss“* ergänzt (WBGU 1994, S. 153).

Der Syndrombegriff wird aus der Medizin auf den Boden übertragen. Boden wird als Haut der Erde bezeichnet. Bei den Syndromen handelt es sich, analog zur Medizin, um Krankheitsbilder. Boden wird als Haut des Planeten erfasst, bei welchem eine geodermatologische Diagnose durchgeführt wird. Die Krankheiten werden durch den Verlust an Bodenfunktionen deutlich und setzen sich aus verschiedenen Symptomen wie z. B. der Winderosion oder der chemischen Degradation zusammen. Zum Syndrom zugehörig sind die dem Krankheitsbild entsprechenden Ursachen und Folgen. Die Syndrome werden auf Grundlage des bodenzentrierten globalen Beziehungsgeflechts dargestellt. Es werden jedoch nur die Verknüpfungen ersten Grades in die Abbildung mit aufgenommen. Symptome, welche nur regionale Bedeutung erlangen oder ohne Bedeutung für den globalen Wandel bleiben,

werden rautenförmig dargestellt. Aus den zwölf ausgewiesenen Syndromen (Abbildung 9) werden im Folgenden zwei exemplarisch dargestellt.

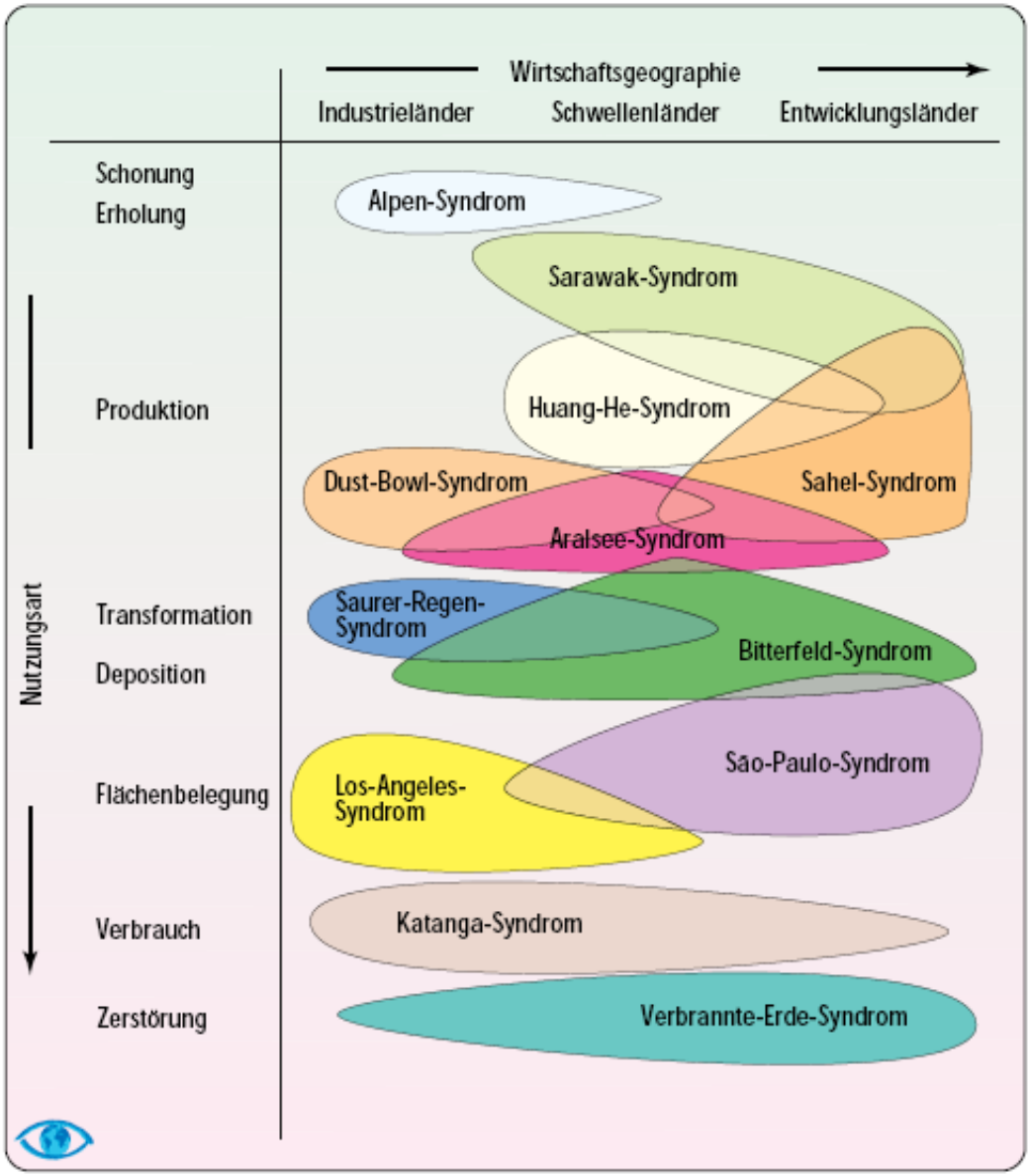

Abbildung 9: Hauptsyndrome der anthropogenen Bodendegradation (WBGU 1994, S. 154)

Dust-Bowl-Syndrom (Abbildung 10)

Mächtige Staubstürme im Südwesten der USA geben dem Dust-Bowl-Syndrom seinen Namen. Unter das Syndrom fallen jedoch alle Degenerationserscheinungen, welche durch nicht angepasste industrielle Landwirtschaft hervorgerufen werden. Das Ziel, kurzfristig größtmögliche Gewinne zu erlangen, steht bei dieser intensiven Bewirtschaftung im Vordergrund. Die moderne Landwirtschaft kann durch eine Minimierung der menschlichen Arbeitskraft durch eine verstärkte Mechanisierung und Technisierung einerseits und durch großräumig bereinigte Fluren und intensive Tierhaltung andererseits charakterisiert werden. Die Ertragsmaximierung wird durch folgende Maßnahmen gefördert (WBGU S. 158):

- Monokultivierung leistungsfähiger Pflanzensorten,
- Massentierhaltung,
- hohe Gaben von Pestiziden und Medikamenten,
- intensiver Dünge- und Futtermitteleinsatz,
- intensive Bewässerung.

Wirtschaftliche Entwicklungen, wie die Kommerzialisierung und die Globalisierung der Märkte, Fortschritte in Forschung und Technik in Bezug auf die Mechanisierung und Weiterentwicklungen in der Bio- und Gentechnologie als auch die Notwendigkeit der Ernährung der Weltbevölkerung führen zu einer weiteren Intensivierung der industriellen Landwirtschaft. Als wichtigste Symptome des Dust-Bowl-Syndroms sind Bodenerosion, Bodenverdichtung und Luft- und Wasserverschmutzung zu nennen. Neben der Bodendegradation kommt es zu negativen Auswirkungen auf die Nachbarsysteme (WBGU 1994, S. 160):

- Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse (Grundwasserspiegel, Oberflächenabfluss, Versickerung etc.)
- Verschlickung von Flüssen und Häfen
- Minderung der Wasserqualität (Eutrophierung, Kontamination, Sedimentbelastung), dadurch steigende Kosten für die Bereitstellung von Trinkwasser (aufwendige Reinigung, Bau von Fernwasserleitungen)
- Reduktion der Artenvielfalt bzw. Verschiebung des natürlichen Artengefüges
- Resistenzbildung bei Schädlingen und Krankheitserregern
- Anreicherung von Schadstoffen in der Nahrungskette, dadurch auch Gesundheitsgefahren für den Menschen
- Emission von Treibhausgasen bzw. atmosphärenchemisch wirksamen Substanzen

Zur Verbesserung der Situation werden folgende Abhilfemaßnahmen vorgeschlagen (WBGU S. 160):

- Erhöhung der Diversität, d. h. die Abkehr von Monokulturen und die Einführung von vielgliedrigen Fruchtfolgen
- Einrichtung kleinerer Ackerschläge
- Entwicklung von Landmaschinen für bodenschonenden Ackerbau und der Verzicht auf bodenschädigende Bearbeitungsmethoden, z. B. Tiefpflügen
- Reduzierung des hohen Stickstoffeinsatzes
- Einführung biologischer Methoden für Düngung und Pflanzenschutz
- Durchsetzung eines Raumplanungsrechts sowie von Flächennutzungsplänen

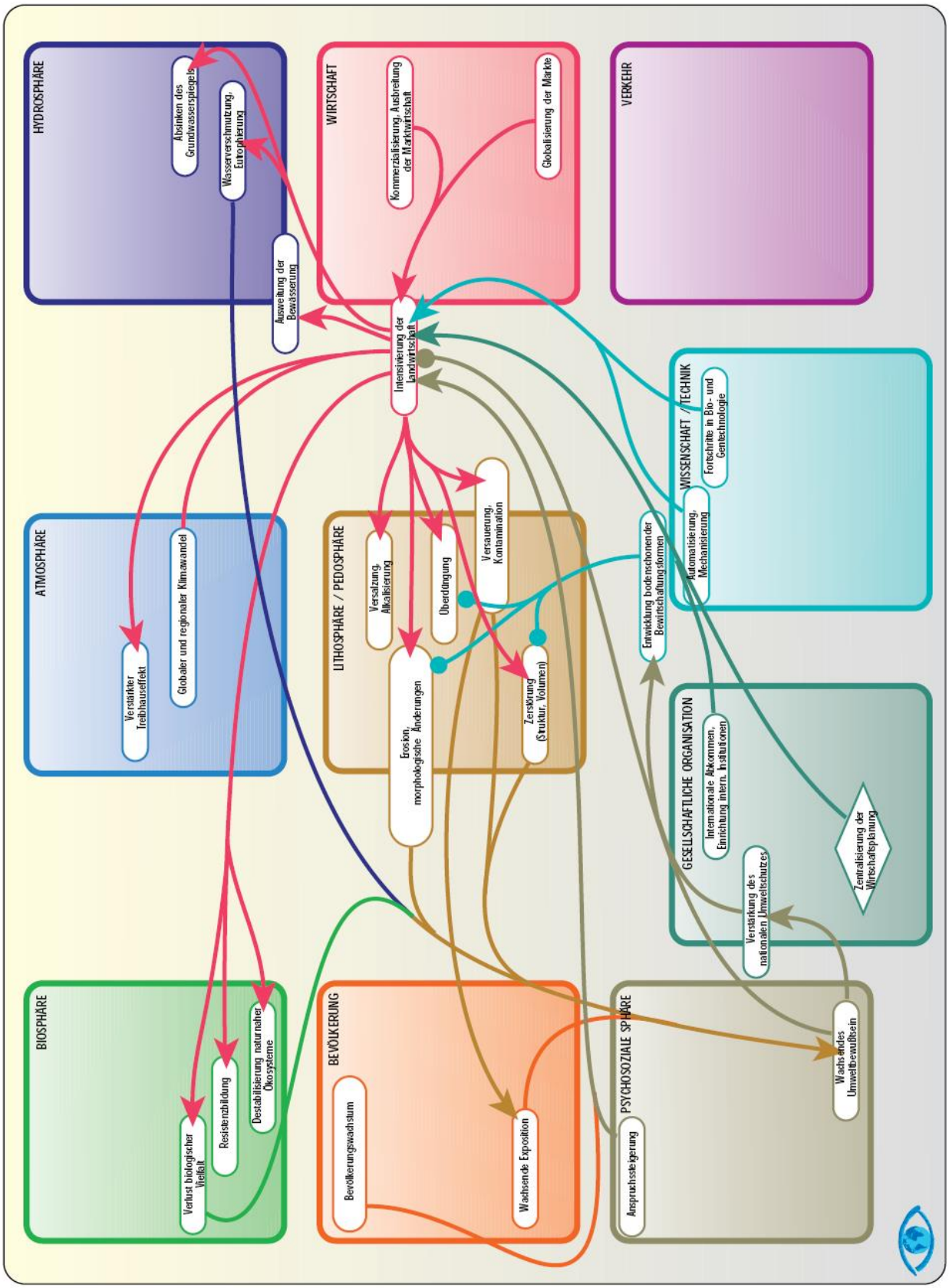

Abbildung 10: Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht: Dust-Bowl-Syndrom (WBGU 1994, S. 159)

Saurer-Regen-Syndrom (Abbildung 11)

Das „Saurer-Regen-Syndrom“ fasst alle Bodendegradationen zusammen, die durch den Ferntransport von Schad- und Nährstoffen ausgelöst werden. Als Belastungspfad fungieren überwiegend die Atmosphäre und Fließgewässer. Die verschiedenen Emissionen werden je nach stofflichen Eigenschaften unterschiedlich weit mit Luft und Wasser lokal, regional oder auch global verteilt. Zu den Emissionen zählen radioaktive Stoffe ebenso wie Säure und Säurebildner, Nährstoffe und weitere ökotoxische Stoffe wie z. B. Schwermetalle. Das „Saurer-Regen-Syndrom“ wird am Symptom der Bodenversauerung entfaltet. Als besonders gefährdet gelten Böden mit geringer Pufferkapazität. Ausgelöst durch die Troposphärenverschmutzung und die Verschmutzung von Fließgewässern gelangen die Emissionen aus Verkehr, Energiewirtschaft und Landwirtschaft in die Böden. Der Gesamteintrag setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen:

- Gezielt in der Landwirtschaft eingesetzte Stoffe wie Ammonium, Nitrat, Phosphat und Pestizide
- „Nebenprodukte“ der Landwirtschaft wie Ammoniakemissionen oder Verunreinigungen in den Düngemitteln
- Schwefel und Stickstoffe aus der Verbrennung von Erdölprodukten oder Kohle
- Weitere Stoffe, die nicht bedarfsgerecht in der Tier- und Pflanzenproduktion eingesetzt werden

Die Auswirkungen sind aufgrund der Pufferkapazität der Gewässer und der Böden nicht in vollem Umfang abzuschätzen. „Neuartige Waldschäden“ werden in Zusammenhang mit der Bodenversauerung gebracht, die Emission von Lachgas aus dem Boden trägt zum Klimawandel bei. Der WBGU spricht von einer chemischen Zeitbombe, da man von einer plötzlichen Freisetzung ökotoxischer Stoffe nach Erreichen eines Schwellenwertes ausgehen muss. Nicht nur der Boden, sondern auch die Nachbarsysteme sind gefährdet. Werden Stoffe aus dem Boden freigesetzt, gelangen sie über das Trinkwasser in die Nahrungskette.

Als Abhilfemaßnahmen wird v. a. die Reduzierung der Emissionen angesprochen.

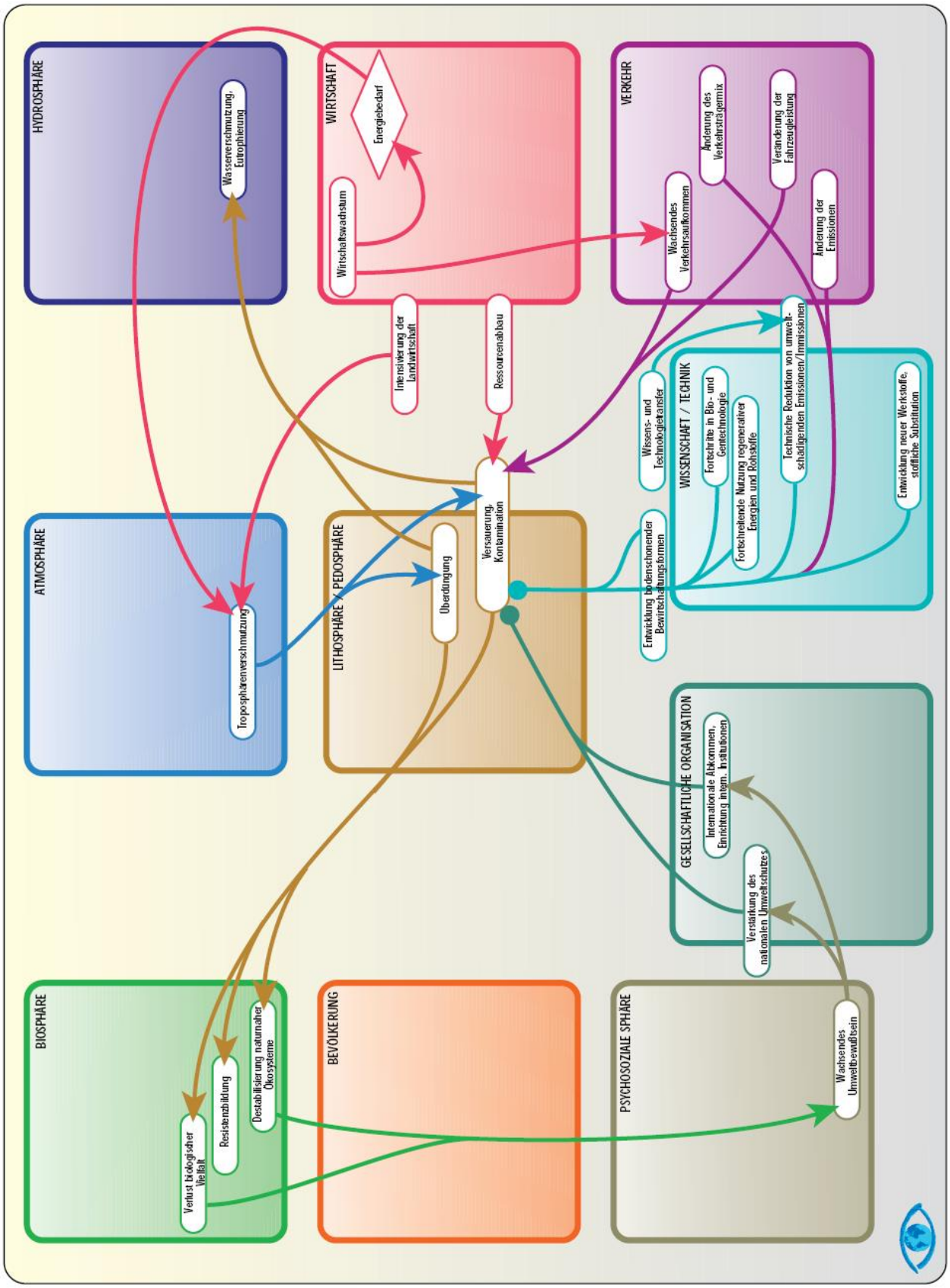

Abbildung 11: Syndromspezifisches Beziehungsgeflecht: Saurer-Regen-Syndrom (WBGU 1994, S. 170)

3.5.2.2 Explikation WBGU

Die im vorigen Kapitel dargestellte Zusammenfassung des Hauptgutachtens des WBGU befasst sich einerseits mit dem Gegenstand Boden an sich, den Bodenfunktionen und der Bodendegradation. Andererseits wird erstmalig der Syndromansatz in Bezug auf den Boden dargestellt. In der Explikation des Hauptgutachtens „Die Gefährdung der Böden“ sind jedoch nicht die fachwissenschaftlichen Grundlagen der Gegenstände Boden und Bodendegradation ausschlaggebend, sondern die interdisziplinäre bzw. multidisziplinäre und systematische Perspektive. Daher wird v. a. auf übergeordnete Konzepte eingegangen. Die fachliche, einseitig bodenkundliche Perspektive wird aufgebrochen und öffnet sich einerseits der Einordnung in ökologische und systemische Zusammenhänge als auch der sozialwissenschaftlichen Zugangsweise. Dementsprechend finden sich im Gutachten Hinweise auf verschiedene Konzepte und Betrachtungsweisen aus unterschiedlichen fachlichen und fachübergreifenden Betrachtungsebenen wie das Ökosystemkonzept, die Konzepte der Tragfähigkeit, der Nachhaltigkeit und der Belastbarkeit, das Konzept der Umweltökonomie und der Syndromansatz. Die einzelnen Grundlagen werden im Folgenden näher vorgestellt.

Boden allgemein

Böden werden als eigenständige (Öko-)Systeme und als Teil von höherrangigen (Öko-) Systemen angesehen. Sie werden als abhängige Variable dargestellt, die in ihrer Entwicklung von den Faktoren Witterung, Bodenorganismen, Vegetation und v. a. von menschlichen Eingriffen abhängig sind.

Ökosystembegriff

Die für das gesamte Gutachten zugrunde liegenden Denkgebäude sind das des **Ökosystems** und das des **ökologischen Gleichgewichtes.** Darauf beziehen sich die Konzepte zum Boden, der Bodenentwicklung und der Bodendegradation. Auch für die Bewertung der Bodendegradation durch die Konzepte der Tragfähigkeit und der Belastung und für die Systemanalyse mit Hilfe des Syndromkonzeptes ist das Denkgebäude des ökologischen Gleichgewichtes tragend. Die Begriffe Ökosystem oder dynamisches Gleichgewicht werden vom WBGU nicht weiter definiert, sie werden direkt auf den Gegenstand Boden bezogen. Aus den einzelnen Ausführungen des WBGU können jedoch folgende Merkmale für Ökosysteme abgeleitet werden:

- Ökosysteme bestehen aus unterschiedlichen Elementen (z. B. Böden, Produzenten, Destruenten, Konsumenten usw.), die untereinander in Wechselbeziehung stehen
- Ökosysteme setzten sich aus abiotischen und biotischen Teilen zusammen
- Ökosysteme sind offene Systeme

- Ökosysteme haben Grenzen, tauschen über diese aber Stoffe, Energie und Informationen aus und sind dadurch mit anderen Ökosystemen gekoppelt
- Abiotische und biotische Bereiche stehen im Sinne eines **dynamischen Gleichgewichtes** untereinander in Beziehung
- Durch eine **Optimierung der Systeme** kommt es zu einer Annäherung an das **Fließgleichgewicht** zwischen Auf- und Abbauprozessen
- Ökosysteme besitzen eine gewisse Stabilität und Regenerationsfähigkeit
- Ökosysteme sind für externe Eingriffe offen
- Ökosysteme können durch externe Eingriffe aus dem Gleichgewicht gebracht und dadurch dauerhaft oder irreversibel geschädigt werden

Böden werden als komplexe Systeme angesehen. Dabei fungieren Böden einerseits als Komponenten bzw. Struktur- und Funktionselemente aller terrestrischen Ökosysteme. Andererseits werden Böden auch als eigenständige Ökosysteme verstanden. Auf die Unterschiede und deren Bedeutung zwischen beiden Aspekten wird nicht näher eingegangen. Die oben genannten Charakteristika von Ökosystemen werden vom WBGU auf den Boden bezogen. So ergibt sich ein Bewertungsrahmen für Eingriffe in den Boden bzw. Veränderungen im Boden. Veränderungen werden dann als schädlich angesehen, wenn sie dauerhaft oder irreversibel sind. Dabei wird das Ökosystem aus dem Gleichgewicht gebracht. Diese Eingriffe können nicht mehr ausgeglichen werden und übersteigen die Regenerationsfähigkeit der Böden.
In der Literatur werden dem Ökosystembegriff mit allen dazugehörigen Begriffen in der Entwicklung der Ökologie und von verschiedenen Autoren unterschiedliche Bedeutungen zugewiesen (JAX 2004). Die Definition von JAX ET AL. (1992) kommt der Nutzung des Ökosystembegriffs des WBGU am nächsten. Die Aspekte der realen, abgrenzbaren Raumeinheit, der Wechselwirkungen zwischen abiotischen und biotischen Komponenten des Systems, der Zustand bzw. das Bestreben zum Fließgleichgewicht und die Fähigkeit der Selbstregulation werden bei JAX ET AL. (1992) jedoch durch einen weiteren Punkt ergänzt. Ökosysteme werden nicht nur als reale Raumeinheiten, sondern auch als Konstrukte des Beobachters aufgefasst. Dabei wird das zu untersuchende System vom Beobachter im Hinblick auf eine spezifische Fragestellung definiert (JAX 2004). Weiterhin entspricht die Offenheit von Ökosystemen gegenüber Stoff-, Energie- und Informationsflüssen der Sichtweise des WBGU (1994).

Ökologisches Gleichgewicht

Im Folgenden muss die Bedeutung des ökologischen Gleichgewichtes bzw. des Fließgleichgewichts geklärt werden.

1. Im LEXIKON DER GEOGRAPHIE (BRUNOTTE ET AL. 2002.1) wird das ökologische Gleichgewicht definiert als: „*konstanter Zustand des Ausgleichs zwischen chemischen, physikalischen und*

biologischen Wechselbeziehungen sowie Stoff-, Energie- und Informationsflüssen in einem Ökosystem innerhalb einer bestimmten Zeitspanne“.

Das ökologische Gleichgewicht wird unterteilt in das biozönotische Gleichgewicht, welches sich auf die Bestandsdichte bezieht und das Fließgleichgewicht, bei welchem sich Ein- und Austräge die Waage halten. Kommt es jedoch zu einseitig gerichteten Vorgängen oder Eingriffen, löst die Sukkzession das ökologische Gleichgewicht ab. Es kommt zu einem „…*Wandel der Artenzusammensetzung an einem bestimmten Ort im Laufe der Zeit“* (BRUNOTTE ET AL. 2002.1, S. 317). Nach der klassischen Vorstellung steht am Ende eines Sukkzessionsverlaufes wieder das Gleichgewicht (Klimaxstadium). Auch die Definition von WITTIG/STREIT (2004) ist trotz jüngeren Erscheinungsdatums noch sehr klassisch. So wird betont, dass in einem idealen Ökosystem Ein- und Austräge bei den Stoff-Flüssen identisch sein sollten, was als Fließgleichgewicht verstanden wird. Die zeitliche Variabilität wird hier aber stärker betont. So wird festgestellt, dass die Bedingungen in einem Ökosystem nie konstant sind und es zu kurzfristigen und langfristigen Änderungen kommen kann.

Diese klassischen Vorstellungen vom ökologischen Gleichgewicht wurden erweitert bzw. sind sehr umstritten.

2. HARD spricht bereits 1982 vom Mythos des (natürlichen) Gleichgewichts. Er macht darauf aufmerksam, dass die Begriffe „Gleichgewicht“ als auch „Stabilität“ sehr vieldeutig sind und sich z. B. auf die Veränderung oder das Gleichbleiben endogener als auch exogener Bedingungen beziehen können. Außerdem gibt er zu bedenken, dass Begriffe wie „Gleichgewicht“, „Stabilität“, „Belastung“ und „Störung“ immer auch wertende Begriffe sind. Mithilfe einfacher biologisch-ökologischer Überlegungen zeigt er die Relativität des Gleichgewichtsbegriffes auf:

   „Naturgeschichte ist eine einzige Kette von Veränderungen (z. B. aufgrund von biologischen „Neuerungen“) und Zusammenbrüchen („Zerstörung“) von „Ökosystemen“. Nur weil Ökosysteme nicht (immer) im Gleichgewicht sind, haben sich schließlich auch jene Systeme entwickeln können, in denen Tiere und Menschen zu leben vermögen“ (HARD 1982, S. 240) (Hervorhebung im Original).

   Diese Aspekte kommen bei KÜSTER (2005) später noch deutlicher zum Vorschein, der die Ökologie stärker mit der Evolution in Verbindung sieht. Die Bewertung des Zustandes von Ökosystemen und deren Belastung muss daher aus verschiedenen Perspektiven/Nutzungsinteressen heraus geschehen. Das pauschale Ziel der „Erhaltung des Gleichgewichtes“ wird seiner Meinung nach als fragwürdig eingestuft.

3. Auch andere Autoren sehen das Konzept des ökologischen Gleichgewichtes sehr kritisch. JEDICKE (1998) und KÜSTER (2005) sehen die Ökologie im Licht der Evolution: Leben heißt dabei Veränderung. Prozesse (Veränderungen) und Dynamik (die die Prozesse steuernden Kräfte) bestimmen die Natur. Es findet eine Abkehr von den Vorstellungen über Stabilität und

Gleichgewichte statt. Für KÜSTER (2005) untersucht Ökologie *„den Wandel der Natur und damit auch der Lebewesen“* (S. 9). Der Ökologiebegriff erhält von der Gesellschaft eine andere Bedeutung als von der Wissenschaft. Für die Gesellschaft werden durch das ökologische Gleichgewicht Werte und Normen festgesetzt. Die Wissenschaft beschäftigt sich eher mit den Beziehungen zwischen Lebewesen und deren Umwelt. Er bemängelt, dass sich die Öffentlichkeit v. a. die weitgehende Stabilisierung von Lebensverhältnissen und die Vorhersagbarkeit zukünftiger Entwicklungen wünscht. Da Evolution dieser Stabilität entgegensteht, muss ökologische Forschung Veränderungen durch die Evolution berücksichtigen. Er stellt klar, dass *„die Vorstellung vom Gleichgewicht in der Natur eine der am weitesten verbreiteten Utopien von Natur ist*“. Diese *„Vereinfachung … ist aus biologischer Sicht unzulässig“* (KÜSTER 2005, S. 66). Er geht von einer Sukzession als aufeinander folgende Existenzen unterschiedlicher Lebensgemeinschaften aus. Es vollzieht sich ein immerwährender, langsamer Wandel, wobei es z. B. zu unaufhörlichen Verlagerungen von Stoffen von einem ins andere Ökosystem kommt. Als Musterbeispiel wird der Prozess der Verlandung eines Sees angeführt.

4. REICHHOLF (2005, 2008) geht noch einen Schritt weiter und stellt Ökologie und Evolution gegenüber. Ökologie steht für ihn für Stabilität, das Streben zum Gleichgewicht und Statik. Evolution dagegen steht für die Veränderlichkeit der Entwicklung, Dynamik, Ungleichgewichte und daraus resultierende Vielfalt. Für REICHHOLF (2005) ist das einzig Beständige der Wandel. Er verweist auf die Notwendigkeit von Ungleichgewichten für die Entwicklung verschiedener Ökosysteme. Als Beispiel bringt er den Überfluss an Nährstoffen in einem Mündungsdelta an, durch welche diese Gebiete z. B. reichhaltiger an Arten sind.

   „Die Verstärkung von Ungleichgewichten stellt somit keine Erfindung des Menschen dar, sondern die konsequente Fortsetzung natürlicher Prozesse, die auf kleine Gebiete beschränkt gewesen waren.“ (REICHHOLF 2008, S. 103).

   Die Beurteilung von Veränderungen bzw. Eingriffen durch den Menschen in die Natur ist daher nicht mehr eindeutig, da es keinen Idealzustand der Natur gibt. Die Beurteilung hängt von der gewünschten Nutzung/den Leistungen ab, die ein bestimmtes System für den Menschen erbringen soll. „„Störungen“ werden in dieser Betrachtungsweise als (vermeidbare) Außenwirkungen verstanden, die sich ungünstig auf die Zielsetzung auswirken, die mit dem betreffenden Ökosystem verbunden sind“ (REICHHOLF 2008, S. 53). Dabei kann es sich um die Gewinnung von Trinkwasser, den Anbau von Getreide, die Holzwirtschaft oder andere, dem Menschen nützliche Funktionen handeln.

Der WBGU nutzt in seinem Gutachten die klassische Definition vom Ökosystem und vom ökologischen Gleichgewicht. Auf diesem Konzept baut das gesamte theoretische Gebäude für die Untersuchung und die

Bewertung der Böden als auch die Konzepte der Tragfähigkeit, der Nachhaltigkeit und der Belastbarkeit auf. Der WBGU geht von der Stabilität von Ökosystemen aus, welche geschützt werden müssen. Durch dieses Verständnis vom ökologischen Gleichgewicht wird eine Bewertungsgrundlage für Eingriffe in die Natur geschaffen. Übermäßige Veränderungen, Eingriffe oder Austräge bringen das Ökosystem aus dem Gleichgewicht und sollten vermieden werden.

Tragfähigkeit und Belastbarkeit von Böden

Der WBGU nimmt zur Bewertung von Bodendegradation die Konzepte der Tragfähigkeit und Belastbarkeit zur Hilfe. Das Leitbild der Nachhaltigkeit hängt eng mit dem der Tragfähigkeit zusammen und muss hier mit berücksichtigt werden. **Tragfähigkeit** wird als „*„Anzahl von Individuen einer Art, die pro Flächeneinheit ihres Lebensraumes langfristig überleben können“* definiert (WBGU 1994, S. 71) und beruht auf einer standortgerechten, nachhaltigen und umweltschonenden Bodennutzung. Die Definition von Tragfähigkeit im LEXIKON DER GEOGRAPHIE (BRUNOTTE ET AL. 2002.2) entspricht weitestgehend der Sichtweise des WBGU (1994). Sie wird als die Menschenmenge, die unter Wahrung der zur Verfügung stehenden Ressourcen und unter Einbeziehung des Entwicklungstandes der Gesellschaft, die in einem Raum leben kann, angegeben. Die Tragfähigkeit kann nur gleich bleiben oder erhöht werden, wenn die Menschen nachhaltig mit dem Boden umgehen. Dabei wird unter Nachhaltigkeit nach dem Brundtlandbericht und der UNO-Konferenz in Rio de Janeiro 1992 im Allgemeinen

„*das Bestreben verstanden, die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen und dabei zu gewährleisten, dass auch die Befriedigung der Bedürfnisse zukünftiger Generationen sichergestellt ist. Nachhaltigkeit soll sich aus dem Zusammenspiel sozialer, ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit ergeben…*“ (BRUNOTTE ET AL. 2002.2, S. 413).

Die **Belastbarkeit** ergibt sich folglich aus der Tragfähigkeit der Böden in Verknüpfung mit dem (nachhaltigen) Umgang mit Böden. Auf dieser Grundlage werden Eingriffe bewertet. Bodendegradation wird als Überbelastung der Ökosysteme durch menschliche Eingriffe definiert. Überbelastung entsteht durch einen nicht nachhaltigen Umgang mit den Böden und verändert die Tragfähigkeit zum Negativen. Sie entsteht durch

- kritische Einträge,
- kritische Austräge,
- kritische Eingriffe

und führen im Boden zu kritischen Zuständen, welche die Bodenstruktur oder die Bodenfunktionen dauerhaft verändern. Es kommt zu einer Überbelastung des Ökosystems, zur Störung des Gleichgewichts und somit zur Bodendegradation. Kritische Austräge können sich außerdem auch auf Nachbarsysteme schädlich auswirken.

Umweltökonomische Betrachtungsweise

Der WBGU sieht Böden als Güter von globaler Bedeutung im ökonomischen Sinn. Bei Degradation wird die Leistungsfähigkeit und Produktivität der Böden herabgesetzt, was einen ökonomischen Verlust darstellt. Diese Sichtweise entspricht der MICHEEL'S (1994), die die Bodennutzung als ein umweltökonomisches Problem versteht. Sie sagt, dass Böden mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften verschiedene Leistungspotenziale besitzen. Böden können ausschließlich durch die Natur „genutzt" oder durch die menschliche Gesellschaft in Anspruch genommen werden. MICHEEL (1994) beschreibt dabei einen Abnutzungsprozess. Eine Fläche eignet sich, räumlich und zeitlich divergiert, für bestimmte Funktionen. Bodennutzung führt zu Belastung, Verbrauch oder sogar zur Zerstörung, was eine Reduktion der zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten nach sich zieht. Diese Bodenbelastungen zeigen sich als Versiegelung, Kontamination, Erosion, Verdichtung u.v.m. Um die Nutzungsoptionen für die Zukunft zu erhalten, können die Bodeneigenschaften und die damit zusammenhängenden Leistungspotentiale nur durch den Einsatz von Kapital aufrechterhalten oder wiederhergestellt werden (MICHEEL 1994). Daher *„bietet die Inanspruchnahme der Bodeneigenschaften… auch eine mögliche Grundlage zu einer ökonomischen Bewertung der Bodennutzung, wirkt sie doch auf die Boden(nutzungs)güte ein"* (MICHEEL 1994, S. 45). Dementsprechend fordert auch der WBGU (1994) eine **umweltökonomische Gesamtrechnung für den Boden,** welche zu einer stärkeren Sensibilisierung für das Umweltgut Boden führen soll. Die kostenmäßige Erfassung von Umweltschäden wird allgemein als sehr schwierig eingeschätzt und kommt für alle Umweltmedien zu unterschiedlichsten Ergebnissen, die von jährlichen Kosten von 51,13 Mrd. € (80er Jahre des 20. Jhd.), bzw. 102,26 Mrd. € (Anfang der 90er Jahre) für die BRD[1] (WICKE 1993) bis über 500 Mrd. € (ROGALL 2002, S. 61) reichen. Für den Boden gibt WICKE (1993) für 1992 eine ökologische Schadensbilanz von 44,59 Mrd. € an, nach Informationen des Umweltbundesamtes belaufen sich die Bodenbelastungskosten im Jahr auf 11,25 bis 30,68 Mrd. € (ROGALL 2002, S. 61). Dabei wird der absolute Wert als eher unwichtig bezeichnet. Ausschlaggebend ist der Umstand, dass durch eine Vermeidung von Umweltbeeinträchtigungen und Schäden gesamtwirtschaftliche Vorteile erzielt werden können. Der WBGU (1994) bleibt jedoch bei der umweltökonomischen Gesamtrechnung für den Boden stehen. In anderen Quellen werden anschließend jedoch verschiedene Möglichkeiten entfaltet, wie mit den Kosten, die durch die Übernutzung der Umwelt entstehen, umgegangen werden kann (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die so genannten externen Kosten, für die aus der Übernutzung entstehenden Auswirkungen, trägt dabei die Gesellschaft und nicht der Verursacher. Daher können Produkte auf dem Markt preiswerter angeboten werden, da sie den Umweltverbrauch nicht berücksichtigen. Zur Behebung des Effekts wird eine

[1] DM-Beträge wurden in € umgerechnet.

Internalisierung der Kosten vorgeschlagen, das heißt, dass der Verursacher die entstandenen Kosten für die aus der Übernutzung entstandenen Schäden übernehmen müsste.

In der Umweltökonomie gibt es dazu verschiedene Richtungen und Entwicklungen, die in unterschiedlichen Ansätzen und Theorien der „Neoklassischen Umweltökonomie“, der „Neuen Umweltökonomie“ und auch in der „Ökologischen Ökonomie“ münden, die hier nicht weiter ausgeführt werden. Für die Reduzierung der Bodenübernutzung könnten jedoch die verschiedenen dargestellten umweltpolitischen Instrumentarien interessant werden. Diese reichen von direkt steuernden Instrumenten wie Ge- und Verboten über indirekt wirkenden Instrumenten wie Anreizen bis hin zu Informationen über neue ökonomische und sonstigen Instrumenten (Tabelle 3).

Umweltpolitisches Instrumentarium		
I.	*Direkt steuernde (harte) Instrumente* (Ge- und Verbote)	– Grenzwertfestsetzungen – Stoffverbote – Einsatz vorgeschriebener Techniken – Qualitätsstandards und Mindestnormen
II.	*Indirekt wirkende (weiche) Instrumente* (Anreize und Informationen)	– Umweltbildung, -information – Kooperationslösungen (Selbstverpflichtungen) – Kommunale Beschaffung – Forschungs- und Entwicklungsförderung – Förderprogramme – Kennzeichnung – Umweltberichterstattung – Öko-Audit – Green Pricing
III.	*Neue ökonomische Instrumente* (Veränderung der Rahmenbedingungen)	– Umweltabgaben und Ökologische Steuerreform – Handelbare Naturnutzungsrechte – Rücknahme- und Verwertungspflichten (inkl. Pflichtpfand) – Benutzervorteile – Produzenten- und Gefährdungshaftung – Umwelthaftpflichtversicherung – Bonus-Malus-Systeme (kostendeckende Einspeisevergütungen) – Quotenmodelle
IV.	*Sonstige Instrumente*	– Ausweitung von Klagerechten Verbandsklagerecht, – Verlängerung der Garantiezeiten – Abbau des Vollzugsdefizits – Ausweitung des Umweltstrafrechts – Umweltplanerische Instrumente – Kompensationsmodelle – Produkt- und Anlagen – UVP

Tabelle 3: Umweltpolitisches Instrumentarium (ROGALL 2002, S. 216)

Syndromansatz

Die Bemühungen der deutschen Politik, die interdisziplinäre Forschung zu Fragen der globalen Umweltveränderungen zu fördern, führten u.a. 1992, in Folge der UNCED-Konferenz zu Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro, zur Gründung des „Wissenschaftlichen Beirates Globale Umweltveränderungen“ (WBGU). Der WBGU ist als Arbeitsgruppe für die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Politik verantwortlich und hat die Aufgabe als interdisziplinäres Forschungsgremium innerhalb von Jahresgutachten Fragen zum globalen Wandel zu bearbeiten (Abbildung 12). Auf dieser

Grundlage erfolgt die Politikberatung. Es werden Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Entwicklung herausgegeben (KRINGS 2002, S. 129; SCHINDLER 2005, S. 11).

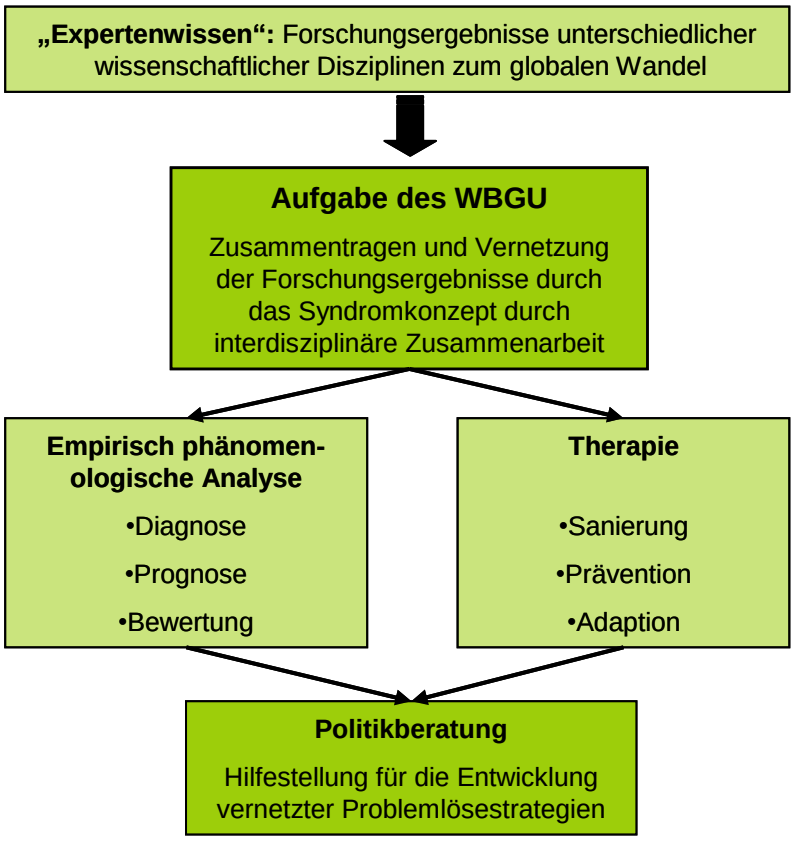

Abbildung 12: Arbeitsfelder des WBGU innerhalb des Syndromansatzes (eigene Darstellung)

Mit dem Syndromansatz hat der WBGU erstmals 1994 in Bezug auf die Gefährdung der Böden eine **systemische**, **ganzheitliche** und **funktionale** Betrachtungsweise der Phänomene des globalen Wandel eingeführt, welche über die disziplinären Grenzen hinweggeht. In den folgenden Jahresgutachten des WBGU wird der Syndromansatz weiter entfaltet und ergänzt. Er stellt ein interdisziplinäres Analysekonzept dar, welches die unterschiedlichen Phänomene des globalen Wandels, die als Trends oder Symptome bezeichnet werden, untereinander in Beziehung setzt und strukturiert. Dabei werden typische nicht-nachhaltige Entwicklungsmuster des globalen Wandels in ihrer Struktur und Dynamik erkennbar. Der globale Wandel wird dabei nicht durch lineare Wirkungsketten charakterisiert, sondern als komplexe, interagierende Systeme von Mensch-Umwelt-Interaktionen betrachtet. Ziel des Syndromansatzes ist es, die Problemlagen des globalen Wandels einerseits zu beschreiben und annäherungsweise Vorhersagen über deren Entwicklung zu machen, als auch mögliche Handlungsoptionen für eine nachhaltige Entwicklung vorzuschlagen (CASSEL-GINTZ/BAHR 2008, S. 4f).

Der Syndromansatz beschreibt analog zu komplexen Krankheitsbildern, welche sich aus unterschiedlichen Symptomen zusammensetzen,

„…typische, funktionale Muster problematischer Mensch-Umwelt-Interaktionen des globalen Wandels, die durch Kombinationen einzelner Trends und Teilaspekte (Symptome), die wichtigsten Veränderungen in Zivilisation und Natur charakterisieren“ (CASSEL-GINTZ/HARENBERG 2002, S. 3).

Die „medizinische Diagnose“ bezieht sich auf nicht nachhaltige Mensch-Natur-Wirkungsmechanismen. Boden wird als Haut des Planeten Erde aufgefasst, für welche eine geodermatologische Diagnose gestellt wird. Die komplexen Krankheitsbilder bzw. die Syndrome weisen einen nur in Teilen verstandenen (Krankheits-) Verlauf auf und lassen sich anhand zusammenwirkenden Auftretens bestimmter Entwicklungen und Trends erkennen. Einzelne Symptome können innerhalb verschiedener Syndrome auftreten. So lässt sich beispielsweise die Bodenerosion dem Huang-He-Syndrom ebenso zuordnen wie dem Dust-Bowl-Syndrom oder dem Sahel-Syndrom. Ursachen und Verursacher, Folgen und Betroffene weichen jedoch in den unterschiedlichen Syndromen genauso wie das daraus resultierende Wirkungsgefüge voneinander ab und bedürfen daher einer systemischen Betrachtungsweise. Als die aussagekräftigen Grundbegriffe des Syndromansatzes sind das Syndrom, die Symptome und die Wechselwirkungen festzuhalten (SCHINDLER 2005, S. 51f).

Geodeterminismus

Unter Geodeterminismus versteht man den Ansatz, dass „räumliche Merkmale“, wie die naturräumliche bzw. physische Ausstattung, menschliches Handeln und Verhalten, kausal vorbestimmt (GEBHARDT ET AL. 2007, MÖNTER 2013). Innerhalb der beschriebenen Kulturfunktion ist ein geodeterministischer Ansatz im Jahresgutachten des WBGU zu erkennen (WBGU 1994, S. 48). Qualität und Eigenschaften von Böden werden als entscheidend für die Entwicklung von Wirtschafts- und Siedlungsformen, soziale Strukturen, religiöses Verhalten und territoriale Ansprüche angesehen.

Brüche, Probleme, Widersprüche

Entwicklung und Statik

Gerade im Hinblick auf die Bedeutung des Begriffs Boden findet sich ein wesentlicher Widerspruch. Böden werden einerseits als sich unter dem Einfluss verschiedener Faktoren ständig weiter entwickelnde Systeme angesehen. Andererseits geht der WBGU bei der Einordnung der Böden als eigenständige Ökosysteme davon aus, dass die biotischen und abiotischen Komponenten dieses Systems im Sinne eines dynamischen Gleichgewichts untereinander in Beziehung stehen. Bei einen dynamischen Gleichgewicht handelt es sich aber um einen stationären, also einen sich nicht weiterentwickelnden Zustand, der nur durch gewisse Ein- und Austräge, welche sich die Waage halten, gekennzeichnet ist.

Syndromansatz

Im Allgemeinen wird der Syndromansatz als eingängiges und politikwirksames Konzept mit einem interdisziplinären Ansatz, der die wissenschaftlichen Disziplingrenzen überwindet, gewürdigt. Es werden jedoch auch verschiedene Kritikpunkte laut. Diese Kritik bezieht sich einerseits auf die grafische Darstellung der Syndrome. So argumentiert KRINGS (2002), dass die Beziehungsgefüge wenig analytisch, dafür aber stark in tautologischer Form eines „Teufelskreises" angelegt seien, die Ausweisung des Syndromkernes willkürlich erscheine und eine Gewichtung der unterschiedlichen Einzelfaktoren unterbleibe. Außerdem werden die Wechselwirkungen verwirrend und unübersichtlich dargestellt. Ein weiterer Kritikpunkt von KRINGS (2002, 2013) bezieht sich auf das Ausblenden der akteurstheoretischen Komponente, wie sie innerhalb der politischen Ökologie als Erklärungsansatz mit berücksichtigt wird. Dabei sollte deutlich werden, inwieweit strategische Akteure oder Politiker für Umweltprobleme mit verantwortlich sind und wie sich akteursgebundene Interessen auch auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen (lokal, national, international) auf Handlungen und Entscheidungen die Umwelt betreffend auswirken. Ferner werde die Frage der Machtausstattung ausgeblendet, wobei Macht eingesetzt werde, um bestimmte Entwicklungen zu beeinflussen. Er bemängelt weiterhin die vereinfachte Wiedergabe hochkomplexer Mensch-Umwelt-Beziehungen. Eine differenziertere, regionale und lokale Betrachtung als auch das Einbeziehen aktuellerer Entwicklungen sei nötig, um nicht zu einer vorschnellen und möglicherweise falschen Bewertung zu kommen. Die Übertragbarkeit der Syndrome in andere Räume als die in den Hauptsyndromen dargestellten wird angezweifelt (KRINGS 2002, 2013).

Zuordnung von Prozessen zu Funktionen

Unter der Lebensraumfunktion wird die Bedeutung der Bodenorganismen für die Stabilität der Ökosysteme und dem Fließgleichgewicht zwischen Auf- und Abbauprozessen beschrieben. Diese Ausführungen passen weniger zu den Lebensraumfunktionen als zu den Regelungsfunktionen, welche sich auf „*alle biotischen und abiotischen Prozesse beziehen, die durch äußere Einflüsse ausgelöst werden"* (WBGU 1994, S. 47).

Sprache

Die sprachliche Gestaltung des Gutachtens lehnt sich auffällig an die genutzten disziplinären Sichtweisen an. Es können verschiedene Analogien ausgemacht werden, die die jeweilige Bezugsdisziplin (Ökologie und Ökonomie) widerspiegeln, es werden aber auch alltagsweltliche Analogien verwendet (z. B. Boden als Körper).

Ökologie

Böden werden als (Grund-)*Bestandteile/Komponenten/Elemente* eines Ganzen/von (*Öko-) Systemen* angesehen. Es wird unterschieden zwischen Boden als *Strukturelement* und Boden als *Funktionselement*. Boden steht in Wechselwirkung mit den anderen Komponenten des Systems bzw. mit der Umwelt. Ein

wichtiger Begriff aus der Ökologie ist das *Gleichgewicht*. Ökosysteme streben ein Gleichgewicht an. In diesem Zusammenhang fällt auch der Begriff *Stabilität*. Kommt es zu *externen Eingriffen*, können diese entweder durch das System ausgeglichen werden oder die Eingriffe überschreiten die *Belastbarkeit* (z. B. Übernutzung oder Überweidung) und das Ökosystem wird aus dem Gleichgewicht gebracht. Ein weiterer Begriff ist der des *Fließgleichgewichts*, bei welchem sich die Ein- und Austräge die Waage halten.

Ökonomie

Gerade aus dem Bereich der Ökonomie finden sich viele verschiedene Ausdrücke, welche auf eine Analogie schließen lassen. Böden werden als *ökonomische Güter* verstanden, welche *Ökosystemdienstleistungen* erbringen. Aufgrund der *Leistungen* und *Nutzen*, die Böden für den Menschen erbringen können, hat Boden einen *ökonomischen Wert* und wird als *Ressource* bezeichnet. Es wird von *Nutzwert*, *Optionswert*, *Existenzwert*, aber auch vom *Vermögen* von Standorten gesprochen. Böden erfüllen verschiedene Funktionen, u.a. die *Produktionsfunktion* für den Menschen. Die Ressource Boden wird von den Menschen *verbraucht* und sogar *ausgebeutet*. Nehmen diese Eingriffe überhand, kommt es zu *Verlust*, *Funktionseinschränkungen* und *Produktionseinbußen*. Weiterhin treten Begriffe auf wie *Recycling* von Nährstoffen oder *Nährstoffexport* bei der Erosion des Oberbodens.

Medizin

Beim Syndromansatz handelt es sich um eine bewusst eingesetzte Analogie aus der Medizin. Die Untersuchung des Bodens, der Haut der Erde, führt zu einer *geodermatologischen Diagnose*. Einzelne *Symptome* werden zu *komplexen Krankheitsbildern*, den *Syndromen* zusammengefasst.

Alltag

- ***Boden als Körper***

Zum medizinischen Ansatz passt es, Boden als *Körper* (in Anlehnung an den menschlichen Körper?) anzusehen, der in der Lage ist Stoffe, Energie und Informationen *aufzunehmen*, zu *speichern*/*akkumulieren*, zu *transformieren*/*verarbeiten* und wieder *abzugeben*. Im Bodenkörper finden *interne Prozesse* statt. Externe Eingriffe können zu *Belastungen* führen und den Boden schädigen. Boden ist, wie andere Körper in der Lage sich zu *regenerieren*.

- ***Boden als Baustelle***

Im Boden finden *Auf-* und *Abbauprozesse* statt. Boden wird *abgetragen*, wieder *abgelagert* bzw. umgesetzt. Alles Vorgänge, die auf einer Baustelle zu finden sind.

3.5.2.3 Strukturierung WBGU

Bedeutung des Begriffs Boden

> Denkfigur: Böden als Systeme bzw. als Bestandteil von Systemen <

Böden sind komplexe Systeme: Böden sind komplexe chemische, physikalische und biologische Systeme, die sich unter dem Einfluss verschiedener Faktoren bilden und weiter entwickeln.

Böden sind Bestandteil von Ökosystemen: Boden ist Struktur- und Funktionselement in terrestrischen Ökosystemen.
Böden sind Ökosystem: Im Boden stehen abiotische und biotische Bereiche (mit Produzenten, Konsumenten und Destruenten) im Sinne eines dynamischen Gleichgewichtes untereinander in Beziehung.
Böden sind offene Systeme: Böden tauschen wie Ökosysteme über ihre Grenzen hinweg Stoffe, Energien und genetische Informationen aus und sind dadurch offen für externe Eingriffe und Austräge.
Böden sind Querschnittsmedien: Böden zeichnen sich durch eine Überlappung der einzelnen Teilbereiche der Geosphäre, namentlich der Atmosphäre, der Lithosphäre, der Hydrosphäre, der Biosphäre und der Anthroposphäre aus.

Bodenbildung

> Denkfigur: Boden als abhängige Variable <

Bodenbildung ist abhängig vom Einfluss verschiedener Faktoren wie Witterung, Bodenorganismen, Vegetation und menschlichen Eingriffen.
Vielfalt durch unterschiedliche Ausprägung der Einflussfaktoren: Durch die großen Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen, die Bodenbildung beeinflussenden Faktoren und deren Ausprägung, kommt es zur Ausbildung einer entsprechenden Vielfalt unterschiedlichster Böden.
Zeit: Innerhalb der langen Entwicklungszeit kommt es immer wieder zu Veränderungen der Böden.

> Denkfigur: Fließgleichgewicht <

Die Bodenentwicklung führt zu einer Optimierung der Systeme und zur Annäherung an das Fließgleichgewicht.

Vielfalt von Böden

> Denkfigur: Bodentypen <

Kleinste räumliche Einheit mit einheitlicher Struktur, welche sich in der vertikalen Anordnung von bestimmten Bodeneigenschaften ausdrückt.

Bedeutung des Bodens für den Menschen

In den verschiedenen Gesellschaften auf der Erde wird eine unterschiedliche Bedeutung und Wertschätzung des Bodens erkennbar. Sie reicht von der Hochschätzung im religiös-mythischen Sinn bis hin zu negativen Besetzungen.

- *Boden als physisches Substrat* im Sinne von Erde, Acker, Erdreich, Pedosphäre…
- *Boden als Produktionsfaktor* im Bereich der Land- und Forstwirtschaft

- *Boden als Funktionsträger* in der Energie- und Rohstoffwirtschaft, in Industrie und Gewerbe, Siedlungstätigkeit, Verkehr, Erholung und Freizeit sowie Entsorgung
- *Boden als Grundfläche/Grundlage/unterste Fläche*
- *Boden als Territorium/Eigentum an Land*

Die Bedeutungen werden in den Bodenfunktionen konkreter dargestellt und ergänzt.

Bodenfunktionen

> Denkfigur Bodenfunktionen <

Boden übernimmt in verschiedenen Bereichen Aufgaben/Funktionen, die dem Menschen, aber auch Tieren und Pflanzen nützen. Weiterhin tritt er als prägendes Element von Landschaft und Natur in Erscheinung.

Lebensraumfunktion

- Lebensraum und Standort: Pflanzen, Tiere, Pilze, Mikroorganismen leben in und auf dem Boden
- Ernährung: Tiere und Pflanzen erhalten Nährstoffe, Wasser und Sauerstoff aus dem Boden
- Primärproduktion: Boden ist Basis für die Primärproduktion terrestrischer Systeme und damit für alle nachfolgenden Organismen
- Lebensraum für Menschen: Menschen nehmen Boden für die Siedlungen in Anspruch
- Bodenorganismen beeinflussen durch Umsetzung organischer Stoffe die Stabilität von Ökosystemen und das Fließgleichgewicht durch Auf- und Abbauprozesse
- Böden stellen einen Genpool dar

Regelungsfunktion

Externe Einflüsse auf den Boden werden durch abiotische und biotische bodeninterne Prozesse reguliert.

- Akkumulation
- Speicherung
- Transformation und
- Transport von Stoffen und Energie
- Quellen für Lachgas
- Regulation des Stoffaustausches zwischen
    - unterschiedlichen Sphären (Hydro- und Atmosphäre)
    - benachbarten Ökosystemen.
- Quellen für Stoffbelastungen benachbarter Umweltkompartimente
- Regulation des Wasserkreislaufs
- Puffer und Filter

Nutzungsfunktion

- Produktionsfunktion: Nutzung von Böden für die land- und forstwirtschaftliche Produktion (Nahrungs- und Futtermittel, Ausbeutung von Rohstoffen wie Kohle, Gas, Torf, Kies…)
- Trägerfunktion: Boden wird flächenmäßig für Siedlungen, Verkehrsflächen, Gewerbeflächen… genutzt
- Informationsfunktion:
    - Bodeneigenschaften als Indikatoren für Fruchtbarkeit, Belastbarkeit…
    - Böden als Archive für die Rekonstruktion von Natur- und Kulturgeschichte

Kulturfunktion

- Geodeterministischer Zugang: Qualität und Eigenschaften der Böden entscheiden über Wirtschafts- und Siedlungsformen, soziale Strukturen, religiöses und kulturelles Verhalten
- Boden als Objekt: Boden ist Objekt wissenschaftlicher und künstlerischer Darstellungen sowie der Kommunikation

Bodendegradation

> Denkfigur: Anthropogene Bodendegradation <

Anthropogene Bodendegradation wird durch externe Eingriffe unter Missachtung des Prinzips der Nachhaltigkeit ausgelöst. Die Ursachen sind in der Typologie der Hauptursachen aufgeführt. Es kommt zu raschen und/oder übermäßigen und starken Veränderungen, die zu einer Überlastung des Systems Boden führen. Diese Überlastung zeigt sich in den Haupttypen der Degradation. Das System Boden reagiert mit mittelfristigen, dauerhaften oder irreversiblen Veränderungen, die nur durch Einsatz von Energie und Rohstoffen bzw. gar nicht behoben werden können (Abbildung 13**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Externe Eingriffe: Externe Eingriffe unter Missachtung des Prinzips der Nachhaltigkeit führen zu raschen, übermäßigen und starken Veränderungen im Boden.

Typologie der Hauptursachen: Als Hauptursachen der Bodendegradation werden die Ausbeutung natürlicher Ressourcen, industrielle Tätigkeiten, die technisierte Land- und Forstwirtschaft und eine unangemessene Nutzung (Waldnutzung, Entwaldung, Überweidung, Ackerbau, Abbau von Bodenschätzen, Siedlungen, Deponierung von Stoffen, Verkehr…) genannt.

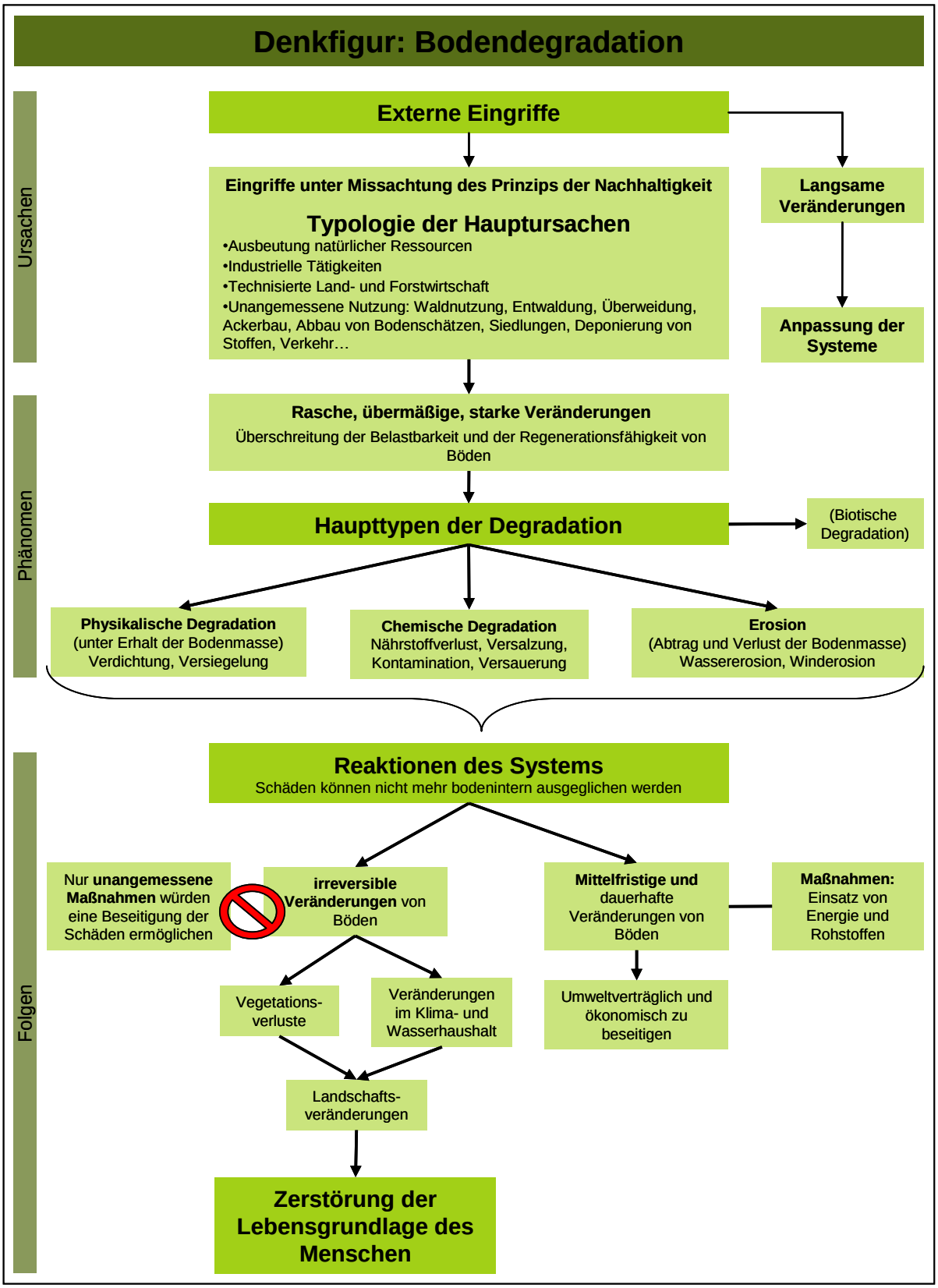

Abbildung 13 : Struktur der Denkfigur Bodendegradation (eigene Darstellung)

> Denkfigur: Bodendegradation als Veränderung oder Verlust von Bodenfunktionen <

Aus Sicht des Nutzens für den Menschen kommt es zu einem Verlust oder zur Einschränkung der Bodenfunktionen.

Überschreitung der Belastbarkeit des Systems Boden: Die Belastbarkeit des Bodens wird durch physikalische, chemische und biologische Einflüsse und Eingriffe durch den Menschen überschritten. Dabei werden die Strukturen und Funktionen von Böden dauerhaft und irreversiblel verändert oder Böden gehen vollständig verloren.

- *Dauerhafte Veränderungen:* Schäden können in den nächsten 100-120 Jahren nicht mehr bodenintern ausgeglichen werden. Sie können aber durch Einsatz von Rohstoffen und Energie umweltverträglich und ökonomisch beseitigt werden.
- *Irreversible Veränderungen:* Schäden können nur mit ökologisch und ökonomisch unangemessenem Einsatz von Rohstoffen und Energie oder gar nicht mehr beseitigt werden.

Haupttypen der Bodendegradation: Die Überschreitung der Belastbarkeit wird in den Haupttypen der Bodendegradation (physikalische, chemische Degradation, Erosion) deutlich.

Zerstörung der Lebensgrundlage als Folgen der Bodendegradation: Irreversible Veränderungen des Bodens führen zu Vegetationsverlust und zu Veränderungen im Klima- und Wasserhaushalt. Es kommt zur Veränderung von Landschaften und zur Zerstörung der Lebensgrundlage der Menschen.

Ursachen von Bodendegradation

Unterschiedliche Ursachen bei gleichen Phänomenen: Ähnliche Erscheinungsbilder der Bodendegradation können unterschiedliche Ursachen haben, da sie durch mannigfache physikalische, chemische, biologische, sozioökonomische und kulturelle Ausgangsbedingungen geprägt sind.

Unterschiedliche Folgen bei ähnlichen Ursachen: Folgen der Bodendegradation können aufgrund der vorher genannten unterschiedlichen Ausgangsbedingungen verschieden ausgeprägt sein.

Bodenversauerung

Die Struktur des Prozesses der Bodenversauerung wird Abbildung 3 sehr deutlich. Eine klare Definition von Versauerung wird nicht gegeben.

Absenken des pH-Wertes: Übersteigt der Säureeintrag und die bodeninterne Säurebildung die Pufferfähigkeit des Bodens, kommt es zum Absinken des pH-Wertes und somit zur Bodenversauerung.

> Denkfigur: Bodenversauerung als natürlicher Prozess <

Bodenversauerung wird in den humiden Klimaten als natürlicher Prozess durch den Abbau von Biomasse, Wurzelatmung, Nitrifizierung und Humifizierung angesehen.

> Denkfigur: Emissionen aus Industrie und Landwirtschaft <

Industrie und Landwirtschaft beschleunigen den Prozess der Bodenversauerung durch ihre zunehmenden Emissionen von Ammoniak (NH_3), Stickoxiden (NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2).

Umwandlung in der Atmosphäre

Emissionen werden in der Atmosphäre in Ammonium (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-) bzw. Sulfat (SO_4^{2-}) umgewandelt, die versauernd auf die Böden wirken, selbst wenn sie neutralisiert verfrachtet werden.

Beeinflussende Faktoren

> Säureeintrag <

- *Nasse Deposition:* Versauernd wirkende Emissionen werden über den Niederschlag in den Boden eingetragen (H_2CO_3, H_2SO_4, HNO_3, NH_4)
- *Trockene Deposition:* Versauernd wirkende Emissionen werden direkt über die Luft in den Boden eingetragen ($NO_{x,}$ SO_2)
- *Düngung*: Bei der Düngung findet ein direkter Eintrag der versauernden Substanzen in den Boden statt.

Bodeninterne Säurebildung: Durch die Landwirtschaft eingetragene Biomasse und Düngemittel führen zu bodeninterner Säurebildung (H_2CO_3, H_2SO_4, HNO_3).

Pufferfähigkeit: Die Pufferfähigkeit der Böden ist abhängig von den chemischen, physikalischen und biotischen Bodeneigenschaften. Diese Eigenschaften können durch die Bodenbearbeitung und Kalkung durch den Menschen beeinflusst werden.

Folgen

Die Folgen der Bodenversauerung sind aufgrund der unterschiedlichen Standortbedingungen und Einträge sehr variabel. Möglich Folgen können sein:

> Bodeninterne Veränderungen <

- *Nährstoffverluste:* Bodenversauerung führt zu Nährstoffverlusten.
- *Mobilisierung evtl. toxischer Metallionen, Schwermetallionen und phenolischer Verbindungen:* Beim Absinken des pH-Wertes unter 4,5 kommt es zur Freisetzung von Aluminium-Ionen und später auch Eisen-Ionen.
- *Erhöhte Verwitterung mineralischer Anteile (Silikate)*: Bei fortschreitender Bodenversauerung kommt es zu Auflösung von Tonmineralen und anderer Silikate.

Einflüsse auf Gewässer: Fortschreitende Bodenversauerung führt zu Versauerung von Sicker- und Grundwasser und deren Kontamination mit Schwermetallen.

Kalkung: Kalkung wird als Maßnahme eingesetzt um die Säuremenge zu neutralisieren. Evtl. können Nebenwirkungen auftreten wie verstärkter Humusabbau und die Auswaschung von Stickstoff.

Bodenverdichtung

> Denkfigur: Bodenverdichtung als Volumenveränderung <

Die Struktur des Prozesses der Bodenverdichtung wird in Abbildung 4 sehr deutlich. Das Gesamtvolumen des Bodens wird durch Pressen und Setzung verringert. Dadurch verändern sich auch die Lagerungsdichte, das Porenvolumen und die Porengrößenverteilung.

Ursachen

Kompaktierbarkeit des Bodens:

- Korngrößenzusammensetzung: Hohe Tongehalte im Boden.
- Zu viel Wasser bei geringer Gefügestabilität des Bodens.

Mechanische Belastung durch technisierte Landwirtschaft: Veränderung des Bodengefüges durch den Einsatz schwerer landwirtschaftlicher Maschinen.

Verstädterung: Hohe Bautätigkeit im Zuge der Verstädterung.

Bedingungen: Die Bodenverdichtung ist abhängig von den chemischen Bodeneigenschaften, der Korngrößenzusammensetzung, der Struktur der Porenverteilung und dem von der Witterung abhängigen Wassergehalt.

Folgen

Durchdringbarkeit: Rückgang der Durchwurzelbarkeit und Rückgang der bodenlockernden Organismen und damit der Regenerationsfähigkeit der Böden.

Versickerung: Absinken der potentiellen Versickerungsrate des Wassers und der Grundwasserneubildung.

Oberflächenabfluss: Ansteigen des Oberflächenabflusses, der Erosionsgefahr und Hochwassergefahr.

Bodenerosion

> Denkfigur: Abtrag von Böden <

Bodenerosion ist der Abtrag durch Wind und Wasser. Bodenabtrag wird als natürlicher Prozess angesehen, der durch den Menschen verstärkt wird (Abbildung 5).

Ursachen

Rodung von Wäldern mit anschließender unangepassten Nutzung wie Überweidung, Ackerbau, andere Übernutzung und industrielles Einwirken.

Gewässerausbau und Flussregulierung

Absenken des Grundwasserspiegels in Küstenniederungen und Auen

Folgen

Völlige Zerstörung: Böden können durch langfristige, intensive Bodennutzung völlig zerstört werden.

Nährstoffverlust: Durch Erosion von Acker- und Weideland gehen Nährstoffe verloren.

Zerstörung der Regelungsfunktion: Nährstoffverluste führen zur Beeinträchtigung/Zerstörung der Regelungsfunktion.

Freilegung von Gesteinsmaterial für die Neubildung von Boden.

Reduzierung des Artenreichtums

Veränderung des Mikroklimas

Veränderung des Wasserhaushaltes mit Einflüssen auf das Ökosystem.

Änderungen in Permafrostgebieten: Wegfall der Vegetationsdecke in borealen Nadelwäldern führt zu stärkerer Erwärmung des Bodens, zum Abtauen der Schneedecke und dem Ausdehnen der sommerlichen Auftauzone. Es folgt ein verstärkter Humusabbau und eine schnellere Freisetzung gespeicherter Nährstoffe. *Verringerung der Infiltrationsrate und Wasserspeicherkapazität ohne Vegetationsdecke* führt zu stärkerem Oberflächenabfluss, Erosionsschäden und Versumpfung. Ausbreitung der Tundra zu Lasten der borealen Nadelwälder.

Transport des Bodenmaterials und Ablagerung in anderen Gebieten: Abgetragenes Bodenmaterial wird von Wasser und Wind „kanalisiert“ bzw. diffus weiter transportiert und abgelagert. Der Sedimenteintrag hat wiederum vielfältige Folgen:

- *Unkalkulierbare Überschwemmungen* zerstören Siedlungen, Viehbestände und gefährden Menschenleben
- *Wasserverschmutzung und Eutrophierung* von Binnengewässern und Meeren
- *Akkumulation von Schadstoffen in der Nahrungskette* führt zu Schädigung von Biozönosen und zu gesundheitlicher Gefährdung des Menschen als Endkonsumenten
- *Verlandung* von Seen und Flussunterläufen
- *Zerstörung von Lebensräumen* wie Wattlandschaften, Korallenriffen, Mangrovenwäldern

Vegetation als Schutz vor Erosion: Vegetation stellt einen Schutz vor Erosion dar. Mit der Rodung von Wäldern geht dieser Schutz verloren.

Wassererosion

> Denkfigur: Erosivität und Erodierbarkeit<

Erosivität des Niederschlages: Der Abtrag der Böden hängt von der Intensität, der Menge und der Verteilung der Niederschläge ab.

Erodierbarkeit des Bodens: Der Abtrag der Böden hängt von den Bodeneigenschaften, der topographischen Lage und von der Bewirtschaftung des Bodens ab.

Ursachen

Erosion durch auftreffende Regentropfen und Oberflächenabfluss.

Beeinflussung der Erosion durch menschliche Tätigkeiten:

- *Beschleunigung* durch biotische, chemische und physikalische Eingriffe (Bodenbearbeitung, Bestandspflege…)
- *Verringerung* durch gezielte Maßnahmen möglich

Folgen

Verschlämmung und Verkrustung des Oberbodens durch Zerschlagung der Bodenstruktur

Beeinträchtigung des Pflanzenwuchses

Produktionseinbußen in der Landwirtschaft

Rinnen und Gräben entstehen und machen das Land für die Bewirtschaftung unbrauchbar.

Überdeckung der Unterhänge und Täler durch abgespültes Material.

Winderosion

> Denkfigur: Verlagerung von Bodenmaterial durch den Wind <

Folgen

Abtragungsgebiet: Gleichmäßiger Abtrag des Bodenmaterials.

Ablagerungsgebiet: Geländedeformation, Dünen und Überdeckung weit entfernter Stellen mit erodiertem Material.

Verschlickung von Flussläufen.

Versandung von Verkehrswegen und Siedlungen.

Winderosion fördernde Bedingungen: nur eine dünne oder lückenhafte Vegetationsdecke, Boden mit grober Textur.

Wahrnehmung des Bodens

> Denkfigur: Nicht-Wahrnehmbarkeit des Bodens <

In Industrieländern wird Boden kaum oder gar nicht wahrgenommen.

Gründe für die Nicht-Wahrnehmbarkeit:

- Anthropogene Überformung und Versiegelung
- Boden ist nicht unmittelbar lebensnotwendig
- Bodendegradation verläuft häufig versteckt und wenig offensichtlich
- Es gibt eine räumliche und zeitliche Trennung zwischen Ursachen und Degradation
- Vielfältige Formen von Bodendegradation mit den unterschiedlichsten Ursachen und deren komplexe Wirkungsmechanismen sind schwer greifbar

Belastbarkeit und Tragfähigkeit

> Denkfigur: Belastbarkeit von Böden <

Belastbarkeit: Durch Energie-, Materie- und Informationsflüsse über die Systemgrenzen hinweg werden in Böden kritische Zustände hervorgerufen, die zu einer Überlastung des Systems und damit zur Bodendegradation führen. Es werden Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Systemen als auch Einflüsse über die Systemgrenzen hinweg in ein Nachbarsystem berücksichtigt.

In dem Konzept werden drei Kategorien ausgewiesen:

- *Kritische Einträge:* Schadstoffe werden in ein System eingebracht und schädigen dieses. Bodeninterne Prozesse, eine bestimmte Menge oder Konzentration eines Stoffes oder bestimmte Austräge können als Indikatoren angeführt werden.
- *Kritische Eingriffe:* Physikalische Eingriffe führen zu kritischen Veränderungen der Bodenstruktur und zur Einschränkung der Bodenfunktion (z. B. Verdichtung, Versiegelung…).
- *Kritische Austräge*: Die Austräge können einerseits für den Boden selbst aufgrund des Verlustes von Material kritisch werden oder andererseits für benachbarte Systeme schädlich werden, wenn es sich z. B. um Schadstoffe handelt, die zu einer Belastung führen.

Kritische Zustände: Kritische Zustände resultieren aus den drei vorher genannten Kategorien, welche Boden dauerhaft oder irreversibel verändern. Indikatorensysteme fehlen weitgehend.

> Denkfigur: Tragfähigkeit <

Tragfähigkeit: Anzahl von Individuen einer Art, die pro Flächeneinheit ihres Lebensraumes langfristig überleben können. Die Tragfähigkeit hängt von den unterschiedlichen Standortbedingungen des jeweiligen Raumes ab.

Überlastung als Überschreitung der Tragfähigkeit: Wird die Tragfähigkeit durch kritische Einträge, Eingriffe und Austräge überschritten, werden Lebensgrundlagen langfristig gefährdet oder zerstört. Bodendegradation führt zu verminderter Tragfähigkeit.

Ziel des Konzeptes der Tragfähigkeit: Die Bevölkerung soll für bestehende und zu erwartende Missverhältnisse sensibilisiert werden.

Bodennutzung innerhalb der Tragfähigkeit: Das Konzept der Tragfähigkeit beruht auf einer standortgerechten, nachhaltigen und umweltschonenden Bodennutzung.

> Denkfigur: Boden als ökonomisches Gut <

Böden sind als ökonomische Güter zu verstehen, da sie vielfältige Funktionen für den Menschen erbringen.

Ökonomischer Verlust durch Degradation: Die Leistungsfähigkeit der Böden wird in Bezug auf die Bodenfunktionen durch die Bodendegradation herabgesetzt und stellt einen ökonomischen Verlust dar.

Umweltökonomische Gesamtrechnung: Der ökonomische Gesamtwert des Bodens wird durch die Beanspruchung von Böden gemindert. Die Kostenberechnung könnte sich an beeinträchtigte Bodenfunktionen anlehnen und Kosten für die Bekämpfung von Schäden und Maßnahmen zum Bodenschutz anlehnen.

Ziel der ökonomischen Beurteilung:

- *Sensibilisierung* der Bevölkerung für die Bodendegradation
- *Bewusstseinschärfung* für den ökonomischen Sinn des Bodenschutzes und die damit zusammenhängenden gesamtwirtschaftlichen Vorteile
- *Einführung kostendeckender Preise* bei einer standortgerechten, umweltschonenden und nachhaltigen Bodennutzung, welche die Kosten für den Bodenschutz beinhalten.

Syndromansatz

> Denkfigur: Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht <

System Erde: Die Erde besteht aus verschiedenen Kompartimenten, die untereinander in Wechselwirkung stehen.

Kompartimente: Die zehn Kompartimente des Systems Erde sind in die Natur- und Anthroposphäre aufgegliedert: die Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, Litho-/Pedosphäre, Bevölkerung, Wirtschaft, Verkehr, Psychosoziale Sphäre, Gesellschaftliche Organisation und Wissenschaft/Technik.

Wechselwirkungen: Wechselwirkungen treten innerhalb der einzelnen Kompartimente als auch zwischen den Kompartimenten auf.

Einwirkungen: Auf ein bestimmtes Kompartiment bezogene Einflüsse.

Auswirkungen: Von Verursachern ausgehende Effekte.

Bodenzentriertes globales Beziehungsgeflecht: Es werden die Wechselwirkungen zwischen dem Boden und den ihn beeinflussenden Kompartimenten dargestellt.

Haupttrends: Es werden die wichtigsten Prozesse im Rahmen des globalen Wandels bestimmt und deren Einflüsse auf den Boden beschrieben.

> Denkfigur: Syndrome <

Syndrome: Krankheitsbilder des Bodens, die sich aus Symptomen der Bodendegradation zusammensetzen mit den entsprechenden Charakteristika, Ursachen und Folgen.

Haut: Boden als Haut des Planeten Erde.

Geodermatologische Diagnose: Feststellung der Krankheitsbilder der Haut der Erde (des Bodens)

Krankheit: Verlust an Bodenfunktionen äußert sich in Krankheitsbildern

Symptome: Krankheitszeichen des Bodens wie Winderosion, Bodenverdichtung…

3.5.3 Untersuchungsaufgabe 3: H.-P. BLUME ET AL. (Hrsg.) (^{3}2004): Handbuch des Bodenschutzes. Augsburg.

Folgende Buchbeiträge liegen der fachlichen Klärung zugrunde:

BLUME, H.-P. (2004.1): 1. Einführung. S. 1-3.

BLUME, H.-P. (2004.2): 1.1 Böden als Naturkörper. S. 4-28.

LENNARTZ, B. (2004): 1.2 Boden- und Landschaftswasserhaushalt. S. 29-58.

BLUME, H.P./LAMP, J. (2004): 1.3 Böden als Landschaftssegmente. S. 59-71.

TRAUTZ, D. (2004): 1.4 Böden als Lebensraum von Organismen. S. 72-92.

HORN, R. (2004.1): 1.5.1 Stanortanforderungen der Pflanzen. S. 93-108.

BLUME, H.-P. (2004.3): 1.5.3 Böden als Nutzpflanzenstandorte. S. 114-119.

BLUME, H.-P. (2004.4): 1.6 Böden als Filter, Puffer und Transformatoren. S. 120-130.

BLUME, H.-P. (2004.5): 2 Veränderungen und Belastungen von Böden 2.1 Einführung. S. 165-166.

HORN, R. (2004.2): 2.3.2 Bodenverdichtung. S. 195-219.

FRIELINGHAUS, M./DEUMILCH, D. (2004): 2.4.1 Wassererosion. S. 220-231.

HASSENPFLUG, W. (2004.1): 2.4.2 Winderosion. S. 231-244.

SCHIMMING, C.-G. (2004.1): 2.7.2 Belastung mit Säuren. S. 297-325.

HORN, R. (2004.3): 4.6 Schutz vor Verdichtung und negativen Bearbeitungsfolgen. S. 677-680.

FRIELINGHAUS, M.: WINNIGE, B./DEUMILCH, D. (2004): 4.7.1 Schutz vor Wassererosion. S. 684-690.

KRETZSCHMAR, R. (2004): 4.7.1.3 Technische Schutzmaßnahmen. S. 690-695.

HASSENPFLUG, W. (2004.2): 4.7.2 Schutz vor Winderosion. S. 695-699.

SCHIMMING, C.-G. (2004.2): 4.8.2 Schutz vor Säuren und deren Folgen. S. 716-722.

3.5.3.1 Zusammenfassung BLUME ET AL. (2004)

Bodendefinition (S. 1, 4, 5, 25)

Böden bilden den durch Humus- und Gefügebildung, Verwitterung und Mineralbildung veränderten und mit Zersetzungs- und Verwitterungsprodukten durchsetzten, obersten Teil der Erdkruste. Böden sind nach unten durch Gestein und nach oben durch die Vegetation und die Atmosphäre begrenzt und gehen zur Seite hin in andere Böden über. Böden bestehen aus Mineralen und Humus, welche in einer bestimmten Weise im Raum angeordnet sind. Zwischen den Bodenpartikeln befindet sich ein Hohlraumsystem, das mit Wasser- und/oder mit Luft gefüllt sein kann. Böden gliedern sich in Horizonte, die sich in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden. Sie sind belebt und Bestandteil von Ökosystemen. Als Naturkörper sind Böden durch die Bodenentwicklung entstanden und unterscheiden sich voneinander in einer charakteristischen Abfolge von Bodenhorizonten. Der dreidimensionale Körper wird auch als Pedon bezeichnet (BLUME 2004.1, 2004.2).

Aufbau des Bodens (S. 1, 4, 5, 14, 15, 17, 18, 24, 26, 61)

Gliederung in Horizonte

Als Pedon wird die kleinste, in sich vollständige Einheit eines Bodenkörpers bezeichnet, der von der organischen Auflage bis hinunter zum unveränderten Gestein reicht. Bei einem senkrechten Schnitt

durch den Bodenkörper wird das Bodenprofil mit einer charakteristischen Horizontabfolge sichtbar (Abbildung 14). Einzelne Bodentypen sind durch eine charakteristische Kombination von Horizonten gekennzeichnet. Die Horizonte eines Bodens und verschiedener Bodentypen unterscheiden sich voneinander in ihren Eigenschaften, z. B. im Bodengefüge oder der Porengrößenverteilung. Sie sind oben eher streuähnlich und werden nach unten hin immer gesteinsähnlicher. Die Horizonte sind durch Bodenentwicklung entstanden, wobei sich Verlagerungsprozesse horizontdifferenzierend auswirken. Die einzelnen Horizonte und das Ausgangsmaterial werden, entsprechend ihrer Eigenschaften, mit Buchstaben signiert.

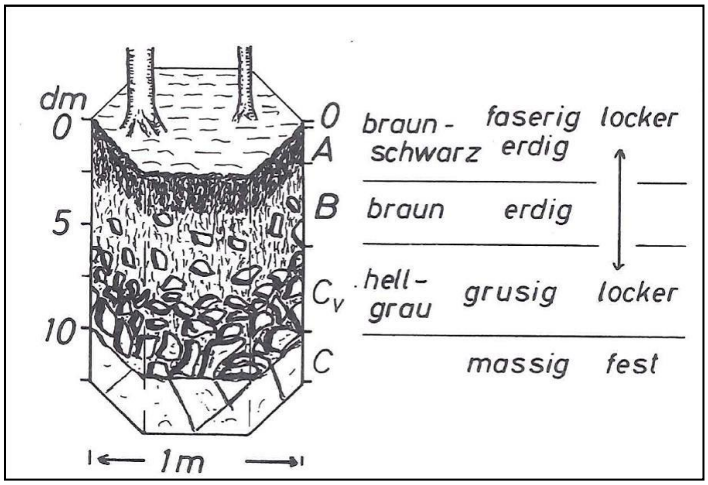

Abbildung 14: Eigenschaften einer Braunerde aus Granit (Teilausschnitt BLUME 2004.1, S. 4)

Gefügebildung und Poren

Die unterschiedlich großen und geformten organischen und anorganischen Partikel ordnen sich in einer bestimmten Weise im Raum an und bilden so ein Bodengefüge, dessen Hohlraumsystem entsprechend unterschiedlich große und geformte Poren aufweist. Die Gefüge lassen sich in verschiedene Kategorien unterteilen. Bei Elementargefügen lassen sich keine Aggregate erkennen, bei Anlagerungsgefügen kommt es zu rundlichen bis traubigen Aggregaten mit rauer Oberfläche, die durch Koagulation und Bodenorganismen gebildet werden können. Absonderungsgefüge entstehen z. B. beim Austrocknen lehmiger bis toniger Böden und erzeugen scharfkantige Aggregate wie Polyeder, Prismen, Säulen oder Platten. Die Entstehung der Gefüge wird durch biologische Aktivitäten, die Bodenart und bodenbildende Prozesse gesteuert. Als Besonderheit bei der Gefügebildung ist auf die Rostflecken und Konkretionen hinzuweisen, die durch stoffliche An- und Ablagerungsprozesse entstehen. Die Art der Gefügestruktur kann Auswirkungen auf die Erosionsanfälligkeit, die Durchwurzelbarkeit oder die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen durch die Wurzel haben.

Die Poren werden entsprechend ihres Porenvolumens in Grobporen (> 10µm), Mittelporen (0,2-10 µm) und Feinporen (< 0,2 µm) unterteilt. Die Ausprägung der Poren wird von der Körnung, dem Humusgehalt und der Lagerungsdichte bestimmt (BLUME 2004.1, 2004.2, BLUME/LAMP 2004).

Bodenbestandteile (S. 4, 5, 6, 8, 11, 12, 14, 19)

Als Bestandteile des Bodens werden Minerale und Humus genannt, an deren Oberfläche Ionen gebunden werden können. Die Bindung erfolgt im Austausch gegen adsorbierte Ionen, die ihrerseits in die Bodenlösung übergehen. Humus setzt sich dabei aus Streustoffen (abgestorbene Pflanzen (-teile) Tiere) und schwarz gefärbten Huminstoffen zusammen. Die Minerale sind unterschiedlich groß und variieren in ihrer chemischen Zusammensetzung, Struktur und Form. Die im Boden auftretenden Partikel weisen die folgenden unterschiedlichen Korngrößen auf: Ton (<2 µm ∅), Schluff (2-63 µm ∅), Sand (63-2000 µm ∅), Kies (2-63 mm ∅), Steine (63-2000 mm ∅) und Blöcke (>200 cm ∅). Dem Grobboden, auch als Skelett bezeichnet, werden alle Partikel über 2 mm ∅ und dem Feinboden, auch Feinerde, alle unter 2 mm ∅ zugeteilt. Die Bodenart bezeichnet die Zusammensetzung des Bodens aus den unterschiedlichen Korngrößen. Das Porenvolumen hängt von der Korngröße ab. Die Poren sind mit Wasser oder Luft gefüllt.

Minerale

In den Böden können als Minerale Quarz, Si-Oxide, Silicate, Salze, Carbonate, Sulfide und Sulfate sowie Phosphate und Eisenoxide auftreten. Auch die Tonminerale, sehr kleine Silicate, kommen im Boden vor und entstehen in ihm. Sie sind von besonderer Bedeutung, da sie die Oberfläche vergrößern, an denen Kationen ausgetauscht werden können. Zu unterscheiden ist hier zwischen Zweischicht- (z. B. Kaolinit) und Dreischichttonmineralen (z. B. Illit, Vermiculit), deren Aufbau die Kationenaustauschkapazität prägt.

Humus

Bodenhumus wird als die tote organische Substanz definiert, von der lebende Organismen und Pflanzenwurzeln ausdrücklich ausgenommen werden. Es wird zwischen Grobhumus (Pflanzenreste und Tierleichen) und Feinhumus (Streustoffe und Huminstoffe) unterschieden. Unter Huminstoffen werden die braun bis schwarz gefärbten amorphen, organischen Kolloide verstanden. Diese Kolloide bestehen aus einfachen, kondensierten iso- und heterocyclischen Ringen, die durch Brücken miteinander verbunden sind und reaktionsfähige Seitengruppen tragen. Die H-Atome bestimmter Seitengruppen sind dissoziierbar und bestimmen den Säurecharakter der Huminstoffe. Die Huminstoffe besitzen wie die Tonminerale eine große Kationenaustauschkapazität und gliedern sich auf in Humine, Huminsäure und Fulvosäure, die sich in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden. Huminsäuren können mit Mineralen Tonhumuskomplexe bilden, die eine große Bedeutung für die Stabilität von Bodenaggregaten haben. Im Humuskörper sind in den oberen Lagen eher Streu und weiter unten eher Huminstoffe zu finden. Aber auch im Ah-Horizont sind noch Streu und Huminstoffe enthalten. Beim Humus wird ferner zwischen Nährhumus und Dauerhumus unterschieden. Der Nährhumus besteht aus leicht zersetzbaren Streustoffen, die den Bodenorganismen als Nahrung dienen. Der Dauerhumus besteht aus Huminen und Huminsäuren, die nur schwer zersetzbar sind. Durch ihre große Oberfläche haben die Huminstoffe eine besondere Bedeutung für die

Wasserbindung, den Ionenaustausch, die Pufferung und die Nährstoffbindung im Boden. Sie haben einen hohen Gehalt an Stickstoff, Phosphor und Schwefel und stellen somit eine wichtige Nährstoffreserve dar. Je nach Bodentyp treten unterschiedliche Humusformen wie Rohhumus, Moder, Mull und Torf auf.

Wasser und Luft

Die Poren der Böden sind mit Bodenwasser und Bodenluft gefüllt. Die Anteile sind von verschiedenen Standortfaktoren abhängig wie der Porengröße, dem Niederschlag, der Verdunstung und Versickerung und der Bodenart. Das Bodenwasser enthält verschiedene Ionen, die einerseits aus dem Regenwasser (z. B. Na^+, $Mg^{2+,}$ Cl^-, SO_4^{2-}, H^+, HCO_3^-, NO_3^-, NH_4^+) und andererseits aus anthtropogener Luftverschmutzung stammen (z. B. SO_4^{2-}, H^+, NO_3^-, NH_4^+, Metall- und organische Ionen). Die Zusammensetzung des Bodenwassers kann durch Ionenaustausch, Lösung und Fällung sowie Pflanzenentzug modifiziert werden. Die Protonen- bzw. die H^+-Konzentration in der Bodenlösung ist vor allem für die Bodenreaktion von großer Bedeutung. Waldböden reagieren eher sauer und Mergelböden eher alkalisch. Die meisten H^+-Ionen entstammen der Kohlensäure des Regens oder entstehen durch die Bodenatmung und führen zu einem Boden-pH zwischen 5-7. Sinkt der pH-Wert unter 4, sind dafür meist Salpetersäure, Schwefelsäure, Kationensäure oder organische Säuren verantwortlich (BLUME 2004.1, 2004.2).

Bodenbildung (S. 1, 5, 6, 21- 25)

Ein Boden bildet sich durch bodenbildende Prozesse aus dem Ausgangsgestein unter dem Einfluss von Klima, Vegetation, Bodenorganismen, (Grund-) Wasserverhältnissen und der Nutzung durch den Menschen hin zum gegliederten Boden. Unter bodenbildenden Prozessen werden Verwitterung, Mineralbildung, Zersetzung und Humifizierung, Gefügebildung und Verlagerungsprozesse verstanden, die zu charakteristischen Bodeneigenschaften bzw. Bodenhorizonten führen. Die ständigen Stoff- und Energieumwandlungen im Boden, wie physikalische, chemische und biologische Prozesse können parallel oder nacheinander ablaufen. Bei der Bodenbildung wirken meist mehrere profilbildende Prozesse. Transformationsprozesse (Umwandlung) wie Verwitterung, Zersetzung, Humifizierung und Mineralneubildung und Translokationsprozesse (Umverteilung von Stoffen durch Wasser) wie Podsolierung und Vergleyung führen dabei zur Horizontbildung. Außerdem gibt es horizontverwischende Vorgänge, z. B. die Bioturbation. Bei der Verwitterung werden Nährstoffe freigesetzt, bei der Mineralneubildung Nährstoffe immobilisiert. Beides führt jedoch zur Erhöhung der Durchwurzelbarkeit, und des Wasser- und Nährstoffbindungsvermögens.

Verwitterung

Die Verwitterung wird in die physikalische und chemische Verwitterung unterteilt. Die erste zerkleinert Gesteine und Minerale mechanisch und die zweite löst die Minerale auf. Zur ***physikalischen Verwitterung*** gehören die Druckentlastung, Frostsprengung, Insolation, Salzsprengung und Wurzelsprengung. Bei der **Druckentlastung** kommt es nach dem Abtrag des hangenden Gesteins

zu einer Ausdehnung des Liegenden und folgend zur Bildung von Spalten und Sprüngen. In die auftretenden Zwischenräume können nun Wasser und Wurzeln eindringen und zur weiteren Verwitterung beitragen. So dehnt sich das Wasser beim Gefrieren aus und festes Gestein wird durch die **Frostsprengung** in Geisteinsbruchstücke und Minerale zerlegt. Das Eindringen von Wurzeln in Gesteinsspalten und dessen Sprengung durch das Dickenwachstum der Wurzeln wird als **Wurzelsprengung** bezeichnet. Aufgrund von schnellen Temperaturwechseln kann es zur **Insolation** bzw. Wärmesprengung kommen. Diese führt dazu, dass es in den oberen Gesteinschichten zu einer schnelleren Ausdehnung und Schrumpfung der Minerale kommt als in weiter unten gelegenen Bereichen und somit zu einem Zerfall des Gesteins in Minerale. Die **Salzsprengung** wirkt vor allem in ariden Klimaten durch die Volumenzunahme der Salzkristalle bei der Hydratbildung. Zur ***chemischen Verwitterung*** werden die Hydratation, Hydrolyse, Protolyse, Oxidation und Komplexierung gezählt. Umgeben sich Ionen mit einer Hydrathülle, die andere Bindungskräfte abschirmt, wird von **Hydratation** gesprochen. Es kommt zur Auflösung von Alkali-, Erdalkali-Chloriden, Sulfaten und Nitraten. Unter Hydrolyse versteht BLUME (2004.2) die Reaktionen des dissoziierten Wassers (H^+- und OH^- - Ionen) mit den Mineralbestandteilen. Die Hydrolyse wirkt verstärkt durch H^+- Ionen dissoziierter Säuren. Bei beiden Vorgängen werden Metalle als Ionen freigesetzt. Die **Oxidation** erhöht bei Metallen mit zweiwertigen Eisen oder Mangan die positive Ladung. Einige der oxidierten oder andere Kationen verlassen die Mineralstruktur, die dadurch aufgelockert wird. Unter **Komplexierung** wird die Verbindung von Metallionen mit organischen Liganden zu Komplexen verstanden, wodurch die Lösungsverwitterung gefördert werden kann. Die Intensität der chemischen Verwitterung hängt von der Größe der Minerale und der Bodentemperatur ab. Sie kann durch eine rasche Abfuhr der Verwitterungsprodukte oder Immobilisierung gefördert werden. Je kleiner die Minerale und je höher die Temperatur, desto intensiver die Verwitterung. Carbonate lösen sich jedoch aufgrund der höheren Kohlensäurekonzentration in Bodenlösung bei geringer Temperatur besser, dieser Effekt kann aber auch durch die Atmung der Bodenorganismen bei höheren Temperaturen kompensiert werden. Durch die lösungschemischen Verwitterungen werden Säuren im Boden neutralisiert, was als Pufferung bezeichnet wird. Bei der **Verbraunung** bzw. **Verlehmung** wird das Ausgangsgestein unter Tonmineralneubildung und Eisenoxidbildung in einen tonhaltigen, braun gefärbten Boden umgewandelt.

Zersetzung und Humifizierung

Bei der **Zersetzung und Humifizierung** wird die abgefallene Streu von Bodentieren zerkleinert und von Mikroorganismen verwest. Ein großer Teil wird von Bakterien vollständig zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert, ein kleiner Teil wird in Huminstoffe umgewandelt (Abbildung 15). Der Abbau von Huminstoffen verläuft in der Regel sehr langsam, so dass sich eine relativ konstante Humusmenge ergibt, die unter dem Einfluss von Klima, Bodeneigenschaften, Nutzung usw. zustande kommt.

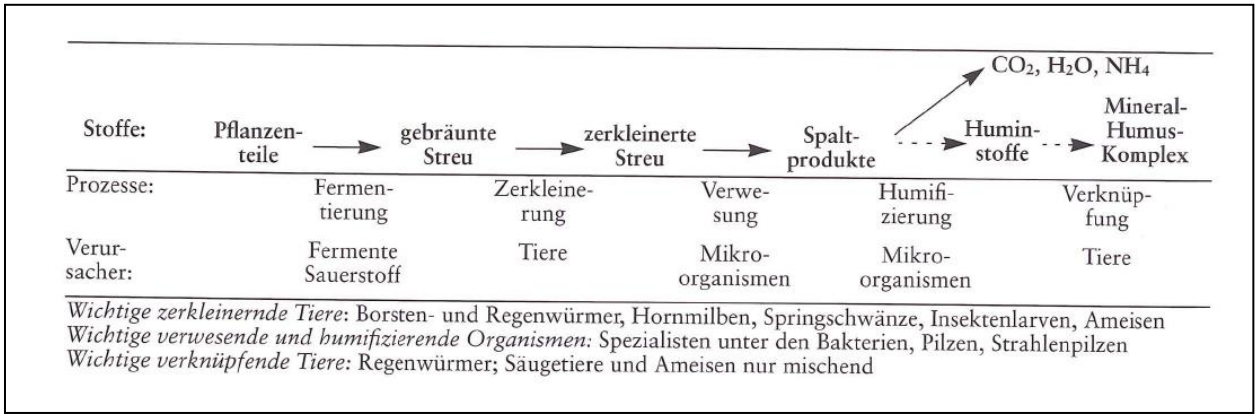

Abbildung 15: Abbau und Umformung von Pflanzenstreu (BLUME 2004.2, S. 22)

Je nach Intensität der Humifizierung kommt es in biologisch aktiven Böden zu einer Anreicherung von Huminstoffen im mineralischen Oberboden und der Humusform Mull und in biologisch trägen Böden aufgrund von Wärme- Nährstoff- und Luftmangel zu einer unvollständigen Streuzersetzung und einer Anreicherung derselben als Humusauflage (BLUME 2004.2, S. 24). Diese können bei Landböden Moder und Rohhumus, bei Grundwasserböden Anmoor- und Torfauflagen sein. Bei der Zersetzung kommt es zur Freisetzung von Nährstoffen und bei der Humifizierung zur Immobilisierung derselben sowie zur Erhöhung des Wasser- und Nährstoffbindungsvermögens.

Translokation

Die Verlagerung intakter Tonminerale mit dem Wasserstrom aus dem Ober- in den Unterboden wird als **Lessivierung** bezeichnet und führt zu Tongehaltsunterschieden im Boden und folglich zur Umverteilung wichtiger Nährstoffreserven. Folgen können Sackungen im Oberboden, Verstopfung der Poren im Unterboden und damit Wasserstau, Luftmangel und Rostfleckigkeit sein. Bei der **Podsolierung** werden, entsprechend der Vorgänge bei der **Verlehmung**, gelöste metallorganische Verbindungen aus dem Ober- in den Unterboden verlagert. Dies führt zur Umverteilung der Nährstoffe (Fe, Mn, Cu, P und Mo) und zur Bildung von Ortstein. Ursache ist die mangelhafte Zersetzung der organischen Substanzen aufgrund von Wärme- und Nährstoffmangel sowie dem relativ geringen Gehalt an Eisen. Andererseits führt aufsteigendes Grundwasser aus dem Unter- in den Oberboden zur Umlagerung gelösten Eisens oder Mangans und zur Anreicherung von Fe, Mn, Cu, P und Mo im Oxidationshorizont. Voraussetzung für den als **Vergleyung** bezeichneten Prozess sind Sauerstoffarmut, ein Reichtum an Reduktoren und mobilisierbaren Eisen- und Mangan-Verbindungen im Grundwasserbereich und luftgefüllte Hohlräume im Oberboden. Unter **Pseudovergleyung** wird die Umlagerung gelöster metallorganischer Verbindungen oder reduzierter Fe^{2+}- und Mn^{2+}- Ionen durch gestautes Wasser verstanden. Bei Sauerstoffmangel kommt es durch Lösung und Bewegung des Wassers zur Bleichung; in Zonen höheren Sauerstoffgehaltes kommt es zur Bildung von Rostflecken oder Konkretionen (Fe/Mn-Oxide). Dieses Erscheinungsbild dient als Hinweis auf einen periodischen Wasserüberschuss und damit auch auf einen periodischen Luftmangel. Voraussetzungen für die beschriebenen Vorgänge sind hohe Niederschläge und tonreiches, dicht lagerndes Gestein oder durch Tonverlagerung entstandene Staukörper. Es erfolgt eine Umverteilung der Nährelemente. Unter

Turbation versteht man die Durchmischung und Umlagerung von Mineral- und Humusstoffen zwischen Bodenlagen. Die Horizontgrenzen der Böden werden verwischt und Austräge vermindert. Turbation kann durch Bodentiere (Bioturbation), durch Quellung und Schrumpfung tonreicher Böden (Peloturbation) und durch wechselndes Gefrieren und Tauen der Böden (Cryoturbation) entstehen (BLUME 2004.1, 2004.2).

Bodenfunktionen (S. 1, 2, 5, 29, 72, 80, 93, 114, 120, 128)

In Bezug auf die Böden werden verschiedene Funktionen beschrieben, von denen auch die Schutzwürdigkeit der Böden abgeleitet wird. So können Böden z. B. **landschaftsgeschichtliche Urkunden** von Umweltverhältnissen früherer Erd- und Menschheitsepochen sein. Böden haben eine besondere Rolle im Landschaftswasserhaushalt und nehmen im Wasserkreislauf eine zentrale Stellung ein. Böden dienen als **Wasserspeicher** und besitzen die Fähigkeit (Schad-) Stoffe zu speichern, teilweise um- und abzubauen und somit das Wasser zu filtern. So können sie im Wasser suspendierte und gelöste Stoffe bzw. Schadstoffe filtern und diese einer Wirkung auf die Bodenorganismen und Pflanzen sowie auf das Grundwasser entziehen und unwirksam machen. Die Stoffe können dabei aus dem Boden selbst (z. B. Tonminerale und Ionen), aus trockenen und nassen Depositionen (z. B. Luftverschmutzung) oder landwirtschaftlicher Nutzung (z. B. Düngung) stammen. Es werden verschiedene Arten der Filterung beschrieben. Die **Filterung** ist die rein mechanische Rückhaltung im Porensystem des Bodens. **Pufferung** ist die Adsorption an den aktiven Oberflächen feinster Bodenbestandteile (vor allem Ton und Humus), die auch Bodenaustauscher genannt werden. Erfolgt eine chemische Bildung kaum wasserlöslicher Verbindungen oder ein biologischer Abbau, wird dies als **Transformation** benannt. Boden bietet den in ihm lebenden Organismen einen **Lebensraum**. Kommt es zu einer Überlastung der Böden, können sie aber auch Quellen für verschiedene Schadstoffe sein, die ins Wasser abgegeben werden. Bodenleben ist nur in den mit Wasser und Luft gefüllten Hohlräumen möglich. Böden dienen als **(Nutz-) Pflanzenstandorte**. Sie sind der Wurzelraum der Pflanzen und bieten ihnen damit Verankerungsmöglichkeiten. Sie versorgen die Pflanzen mit Wasser, Sauerstoff, Nährstoffen und Wärme. Die Funktionserfüllung als Pflanzenstandort hängt stark von den Bodeneigenschaften ab. *„Die große Vielfalt verschiedener Böden bedingt eine große Vielfalt von Wuchsbedingungen“* (HORN 2004.1, S. 93). Ferner bieten sie eine Grundlage für Freizeit und Erholung des Menschen. Als letztes wird die Grundfunktion genannt, in der der Boden als **Baugrund, Lagerstätte, Ablagerstätte** etc. dient.

Die Erfüllung der einzelnen Funktionen hängt von den jeweiligen Bodeneigenschaften ab. So bestimmen beispielsweise das Porenvolumen, die Porengröße und die Porenverteilung den Wasserhaushalt im Boden oder der Anteil an Ton-Humuskomplexen die Ionenaustauschkapazität. Ferner werden die Funktionen durch die Nutzung des Menschen bestimmt, z. B. durch das Abholzen eines Waldes zum Gewinn einer Ackerfläche. Böden sind aufgrund ihrer vielen verschiedenen

Funktionen schützenswert, v. a. gegen unangepasste Verbrauchs- und Nutzungsweisen (BLUME 2004.1, 2004.2, 2004.3 2004.4, HORN 2004.1, LENNARTZ 2004, TRAUTZ 2004).

Vielfalt der Böden (S. 1, 5, 26)

Böden sind verschieden, weil sich ihre Eigenschaften unter dem wechselnden Einfluss von Gesteins-, Klima-, Reliefs- und Vegetationsunterschieden und der Nutzung des Menschen während der Zeit verändern. Die Verschiedenheit der Böden bedingt unterschiedliche Lebensbedingungen für Pflanzen und Bodenorganismen. Böden unterscheiden sich durch ihre charakteristischen Eigenschaften und Horizontabfolgen. Die verschiedenen Ausgangsmaterialien, Horizonte und deren Eigenschaften werden mit Hilfe von Buchstaben von oben nach unten signiert: **L** steht für Streu, **O** für die organische Auflage mit einem Humusanteil von mindestens 30%, **A** für den humusangereicherten mineralischen Oberboden, **B** für den unteren Mineralhorizont und **C** für das feste oder lockere Ausgangsgestein. Weitere Groß- und Kleinbuchstaben charakterisieren weitere Eigenschaften der verschiedenen Horizonte. Die verschiedenen Böden werden in Bodensystematiken klassifiziert und gegliedert. Eine außerordentlich große Vielfalt der Bodendecke der Erde lässt sich schon an den 70 verschiedenen in Deutschland vorkommenden Bodentypen mit jeweils 3-15 Subtypen abschätzen (BLUME 2004.1, 2004.2).

Veränderungen und Belastungen von Böden

Allgemein (S. 1, 2, 165-166)

Im Handbuch des Bodenschutzes wird auf die durch den Menschen zurückzuführenden Veränderungen und Belastungen eingegangen. Dabei wird zwischen beabsichtigten und unbeabsichtigten bzw. unbewussten Veränderungen, die auch als Nebeneffekte beabsichtigter Veränderungen auftreten können, unterschieden. Unter erstere fallen z. B. die Nutzung des Bodens als Baugrund, Deponie oder Rohstofflieferant, unter die letzteren z. B. Erosion, Verdichtung, Kontaminationen usw. Es wird darauf hingewiesen, dass die meisten beschriebenen Veränderungen und Belastungen auch natürlich, ohne Einfluss des Menschen ablaufen können und für die Entwicklung der Böden und deren Verschiedenartigkeit entscheidend sind. Die Grenze zwischen Veränderung und Belastung durch menschliche Eingriffe zu ziehen wird als äußerst schwierig dargestellt, da es auf die Perspektive ankommt, aus der die Veränderung gesehen wird, ob die Folgen z. B. in Bezug auf den Bodenabtrag, die Bodenorganismen oder auf weitere Funktionen des Bodens erfolgen. Es wird bemerkt, dass die Kriterien der Bodenschädigung aus der Funktionserfüllung und nicht aus den Bodeneigenschaften abgeleitet werden sollten. Zu Veränderungen bzw. Bodengefährdung werden gezählt: Aus- und Abgraben, Kontaminieren, Begraben, Verdichten, Entblößen, Überwässern, Lockern, Entwässern, Kühlen, Aluminisieren (durch Versauern). Im Folgenden wird nur auf die im Interview abgefragten Belastungsarten eingegangen.

Bodenveränderungen können im Allgemeinen zu einer Verschiebung im Artenbestand von Vegetation und Organismen führen (BLUME 2004.1, 2004.5).

Bodenverdichtung (S. 195-216, 677-680)

Unter Bodenverdichtung versteht HORN (2004.2, S. 197) die *„Überschreitung des vom Boden mobilisierbaren Scherwiderstandes gegen eine Verformung“*. Abhängig von der Eigenfestigkeit des Bodens sowie von der von außen auf den Boden einwirkenden Belastung, nimmt das Porenvolumen im Boden ab. Diese Abnahme entspricht der Erhöhung der *„Korn-zu-Korn Kontaktzahl bzw. der Zunahme des pro Kontaktpunktes übertragbaren Widerstandes gegen eine Verformung“* (HORN 2004.2, S. 197). Für die Land- und Forstwirtschaft ist die Art der Zusammensetzung des Bodens aus festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteilen von besonderer Bedeutung. Zur Beurteilung eines Bodens wird daher neben der Lagerungsdichte, welche die Masse an Bodenpartikeln pro Volumen angibt, die Porenkontinuität herangezogen. Diese berücksichtigt auch die Umorientierung der Bodenpartikel. In der Literatur wird zwischen beabsichtigter bzw. gezielter Rückverdichtung und ungewollten Veränderungen des Bodengefüges unterschieden. Die gezielte Rückverdichtung bezieht sich auf Bodenbearbeitungsmaßnahmen, die auf besondere Ansprüche von Pflanzen ausgerichtet sind. Diese sollen hier nicht weiter erläutert werden.

Die ungewollten Veränderungen des Bodengefüges durch mechanische Belastung werden als anthropogene Bodenverdichtung bezeichnet. Dabei handelt es sich um einen kombinierten Effekt. Einerseits wirken sich **statische Belastungen** komprimierend auf die vertikale Höhenänderung im Bodenprofil aus. Als noch wichtiger einzustufen ist, dass gleichzeitig eine **Scherung** einzelner Bodenvolumina gegeneinander stattfindet.

„Egal ob die Belastung von statischem Druck oder durch dynamische Belastung hervorgerufen werden, werden diese in Böden stets dreidimensional und ungleichförmig in alle Richtungen fortgepflanzt“ (HORN 2004.2, S. 199).

Ursachen der Verdichtung

Als verursachend werden das Befahren des Bodens mit schweren Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft, ein zu hoher Schlupf, Holzarbeiten in den Forsten oder auch eine zu große Anzahl an Großvieheinheiten pro ha angesehen. Ein weiterer Grund für die Verdichtung ist die Bearbeitung des Bodens, obwohl dieser in einem ungünstigen Bearbeitungszustand ist. Der Konflikt bei der Entscheidung für einen bestimmten Bearbeitungstermin tritt auf, wenn z. B. der Saattermin eingehalten werden muss, die Witterungsbedingungen und somit der Bodenzustand aber ungünstig sind. Die Eigenfestigkeit des Bodens beruht auf seiner Vorgeschichte und wird als Vorbelastung bezeichnet. Diese gibt an, bis zu welcher Auflast keine weiteren Bodenverformungen auftreten. Bereits mechanisch belastete Böden weisen daher eine größere Vorbelastung und damit eine größere Verdichtung auf als unbelastete Böden. Auflasten, die über die Vorbelastung hinausgehen, führen zu

weiteren plastischen, d. h. irreversiblen Bodenverformungen. Die Verdichtung führt zu einer Höhen- und Porenvolumenabnahme, einer Erhöhung der Masse, der Zunahme der Festigkeit und Tragfähigkeit des Bodens und somit zu einer Komprimierung des gesamten Bodens bis in große Tiefen. Dabei findet eine Verschiebung der Anzahl von luftführenden Grobporen zugunsten engerer Mittel- und Feinporen statt. Durch die Scherung kann es dazu kommen, dass der Boden vollständig homogenisiert wird und die kontinuierlichen Fließwege im Boden zerstört werden. Zu einer Volumenreduzierung kann es aber nicht nur durch mechanische Belastung, sondern auch durch Schrumpfung und Quellung kommen.

Bedingungen, die sich auf die Verdichtung auswirken

Das Ausmaß der Verdichtung wird durch die Bodeneigenschaften, die Feuchtigkeit, den Bewuchs und die Art und Häufigkeit der Belastung beeinflusst.

Bodeneigenschaften:

Die Stabilität von Böden ist von vielfältigen Bodeneigenschaften abhängig. Böden bzw. Bodenhorizonte sind umso stabiler…

- *„…je gröber die Körnung bei gleicher Lagerungsdichte,*
- *je stärker aggregiert bei vergleichbarer Körnung,*
- *je höher der Gehalt an organischer Substanz,*
- *je höher der Anteil an ungesättigten Fettsäuren und Lipiden bei vergleichbarem Gehalt an organischer Substanz,*
- *je trockener,*
- *je höherwertiger die Austauschionen,*
- *je höher die Salzkonzentration der Bodenlösung und/oder*
- *je weniger quellfähig die Tonminerale sind“* (HORN 2004.2, S. 197).

Je geringer der Tongehalt bei gleichem Aggregierungsgrad ist, desto geringer ist der Wert der Vorbelastung. Auch eine Vorentwässerung, die zu einem geringeren Wassergehalt führt, erhöht die Stabilität. Sehr feuchte bzw. wenig durchlässige Böden unterliegen bei Überlastung, z. B. durch vollständige Zerknetung, ungewollten Gefügezerstörungen. Die Bodenaggregate werden zerstört und Bodenpartikel, in gegebenem Volumen unter Konstanthaltung der Lagerungsdichte, völlig homogenisiert. Trockenere Böden weisen im Allgemeinen einen stabileren Zustand auf als feuchte. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Stabilität und mechanische Belastbarkeit von Böden sind die räumliche Ausrichtung und die Form der Poren sowie deren Verbindung untereinander. Eine vertikale Ausrichtung der Poren bedingt eine höhere Stabilität als eine horizontale. Kontinuierliche, kreisrunde Poren gelten als stabiler als ein tortuoses Porensystem. Die Eigenfestigkeit des Bodens kann weiterhin durch die Verklebung der Porenwände mit organischen Verbindungen, z. B. durch Regenwürmer, oder durch die Verdichtung der äußeren Bodenmatrix, durch radiale Wurzelsysteme, verstärkt werden. Insgesamt hat sich gezeigt, dass die konservierende Landwirtschaft einen positiveren Einfluss auf die

Gefügestruktur der Böden hat als die konventionelle Landwirtschaft. Die konservierend bearbeiteten Böden können Drücke auf engerem Raum besser kompensieren als konventionell bearbeitete Flächen. Auch dem Bewuchs kommt eine wichtige Bedeutung zu. Eine geschlossene Pflanzendecke und ein ausgeprägter Wurzelfilz erhöhen die Tragfähigkeit und Elastizität der Böden. Der Lebendverbau bewirkt einen erhöhten Scherwiderstand. Das Ausmaß der Verdichtung ist außerdem abhängig vom Druck, der auf eine bestimmte Fläche einwirkt, und ist damit abhängig vom auflastenden Gewicht. Es lassen sich zwei bedeutende Zusammenhänge formulieren:

„Je größer der „Kontaktflächendruck“ bei gegebener Fläche ist, desto tiefer reichen die Äquipotentiale (Linien gleichen Drucks) in den Boden. Bei gleichem Kontaktflächendruck und größerer Fläche erfordert die Druckkompensation im Boden eine größere Bodentiefe d. h. ein größeres Bodenvolumen“ (HORN 2004.2, S. 200).

Für die Entwicklung in der Landwirtschaft ist letzterer Zusammenhang besonders wichtig, da durch die schwerer gewordenen Maschinen, trotz der Verwendung breiterer Reifen für eine verbesserte Druckverteilung, die ungewollte Bodenverdichtung zugenommen hat. Weiterhin werden besonders die Kontaktbereiche zwischen Reifen und Boden durch die Scherbewegungen geschädigt.

Folgen der Verdichtung

Die Veränderungen in der Gefügestruktur durch die anthropogene Bodenverdichtung haben vielfältige, meist negative Auswirkungen. Durch die statisch und scherend wirkende Verformung kommt es immer zu Veränderungen im Porenvolumen und in der Porengrößenverteilung (Abbildung 15). Diese haben weitere Auswirkungen auf Flora und Fauna, auf den Wärmehaushalt, auf mikrobielle Aktivitäten und auf anderes mehr.

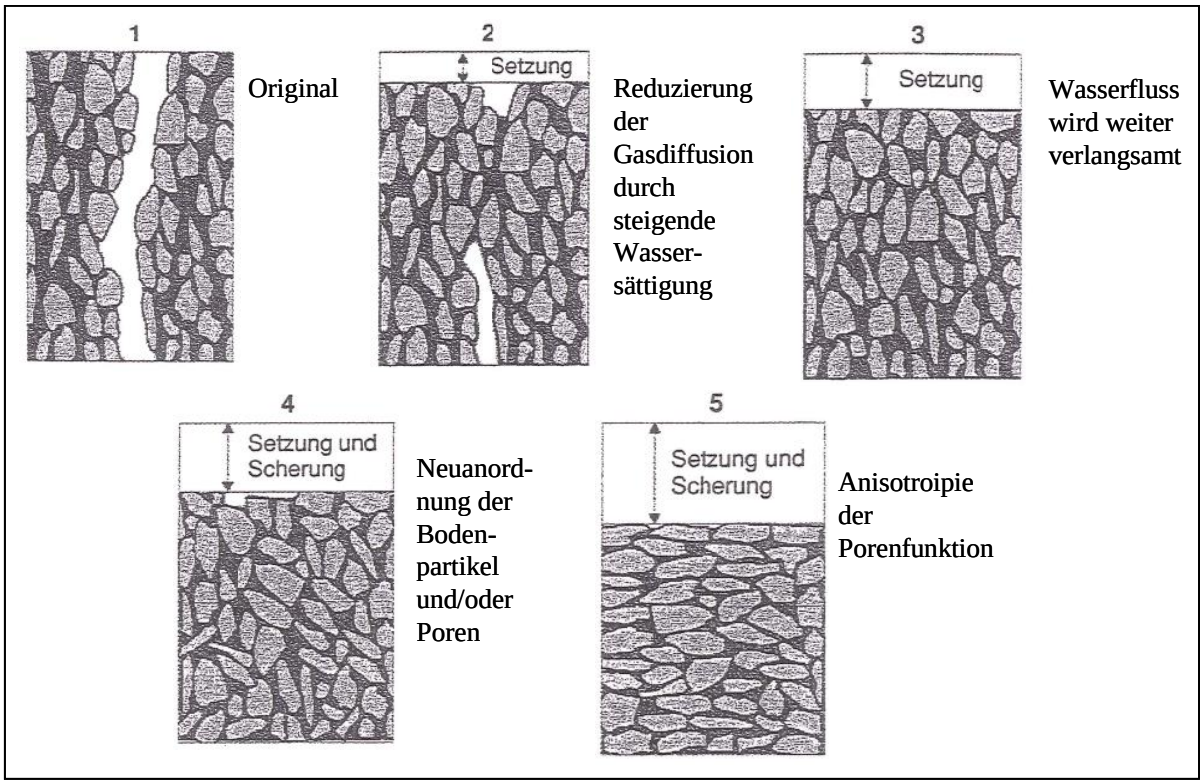

Abbildung 16: Bedeutung einer Bodendeformation durch Verdichtung und Scherung in einem aggregierten, ungesättigten Boden für die Porenkontinuität und Folgen für den Wasser- und Gasfluss (schematische Darstellung BLUME 2004, S. 204, gekürzt).

Mit der anthropogenen Bodenverdichtung kommt es zu einer Zunahme an Bodensubstanz in einem betrachteten Raumkompartiment, zu einer Zunahme der Kontaktflächen zwischen den Bodenpartikeln und damit zu einer Erhöhung des Scherwiderstandes, aber auch zu einer erhöhten Tragfähigkeit des Bodens. Bei einer erneuten Belastung in gleicher Höhe würde der Verdichtungseffekt abnehmen. Resultat der Verdichtung ist die Abnahme des Porenvolumens bei gleichzeitiger Abnahme der Höhe des Bodenprofils. Es handelt sich vor allem um einen Verlust von gasleitenden Grobporen zugunsten der mittleren Poren bei groben Sanden bzw. einem Verlust an Grob- und Mittelporen zugunsten der Feinporen bei den übrigen Bodenarten. Dementsprechend nimmt die nutzbare Feldkapazität in den verschiedenen Böden zu oder ab. Durch die Einregelung der Bodenpartikel werden die Porensysteme verstärkt horizontal ausgerichtet und uniform angelegt, was zu günstigeren lateral-wasserleitenden Eigenschaften für Bodenwasser in ungesättigten Bereichen führt. Die entstandene Plattenstruktur erschwert die Infiltration und führt zu einem erhöhten Oberflächenabfluss. Die Gefahr für die Bodenerosion ist dadurch vor allem in abschüssigen Geländen noch verstärkt. Die Erosion in den Fahrspuren ist etwa 10mal höher als die durchschnittliche Bodenerosion. Die Ablagerung des Kolluviums findet im Unterhang statt oder es wird in den Vorfluter eingetragen. Die geringe Infiltrationsrate bedingt stauende Nässe und damit länger anhaltende Feuchtephasen im Boden, wodurch es zu verspäteter Erwärmung der Böden, länger wirksamen Redoxpotentialen und anschließender Ionenmobilisierung kommt. Die Abnahme der Grobporen schränkt den Lufthaushalt im Boden, durch eine Senkung der Luftkapazität und des Gasaustausches zwischen Boden und

Atmosphäre ein. Somit ist auch die Sauerstoffdiffusion eingeschränkt. Es kommt zu Reduktionserscheinungen, die zusätzlich durch einen hohen Wassergehalt im Boden und dem Vorhandensein leicht zersetzbarer organischer Substanzen im Boden, erhöht werden. Die genannten Veränderungen im Wasser- und Lufthaushalt bedingen eine Erhöhung der Wärmekapazität und der Wärmeleitung. Verdichtete Böden erwärmen sich schwerer bzw. später. Andererseits sinkt die Bodentemperatur unter Ausstrahlungsbedingungen weniger schnell. Die Frostwirkung und damit die Möglichkeit der Wiederauflockerung der Böden werden dadurch geringer.

Auch die mikrobielle Aktivität im Boden wird durch die Verschlämmung der Bodenoberfläche, dem daraus resultierenden hohen Wassergehalt und dem verringerten Luftaustausch stark beeinträchtigt. Die Situation verbessert sich etwas bei Senkung des Wassergehaltes, wenn durch Schrumpfungsrisse eine Luftzufuhr ermöglicht wird. Die Diskrepanz zwischen den Rissen und den größeren, verdichteten Aggregaten führt dazu, dass Oxidations- und Reduktionsprozesse auf engem Raum nebeneinander ablaufen. Nicht nur die Verschlämmung, sondern auch die verringerte Größe der Poren durch Verdichtung wirkt sich auf die mikrobielle Aktivität aus. Durch den Sauerstoffmangel kommt es zu einer Veränderung der Intensität und Richtung der Nährstoffkreisläufe. So kann organische Substanz nicht mehr vollständig aerob abgebaut werden. Durch intensivere Reduktionsvorgänge ändern sich Farbe und Geruch des Bodensubstrats. Die anaeroben Stoffwechselprodukte wirken sich z.T. giftig auf andere Bodenorganismen aus. Dazu zählen Mn, S, Fe. Weiterhin entgast das durch die Denitrifikation aus Nitrat gebildete N_2.

Die Auswirkungen der Bodenverdichtung auf die Tierwelt sind sehr unterschiedlich und teilweise von der Art abhängig. Vor allem die Mesofauna der obersten Bodenschichten wird stark geschädigt. Sie wird durch die schweren Maschinen regelrecht zerquetscht. Eine Wiederbesiedlung der verdichteten Bereiche gelingt erst 3-6 Monate nach einer Lockerung des Bodens. Mit steigender Belastung und Häufigkeit geht auch ein Rückgang der Regenwurmzahl einher. Dünne Schmiersohlen stellen für die Regenwürmer kaum ein Hindernis dar. Problematisch dagegen sind stärkere Verdichtungen, die von den Tieren nicht mehr durchstoßen werden können. Durch eine Verdichtung der oberflächennahen Schicht können im positiven Sinne aber auch Fraßschäden durch Collembolen, Drahtwürmer und Ackerschnecken reduziert werden. Als weitere Folgen der anthropogenen Verdichtung wird der verlangsamte Transport von Schadstoffen aufgrund der verminderten Wasserdurchlässigkeit genannt. Letztere verursacht auch die größere Wahrscheinlichkeit, dass Nitrat, v. a. unter den erhöhten reduzierenden Bedingungen, bis zum elementaren Stickstoff reduziert wird. Die Auswirkungen auf die Pflanzen beziehen sich vor allem auf die Reduzierung des Wurzelraumes und die beeinträchtigte Wurzelausbreitung in oberflächennahen und sehr mächtigen verdichteten Schichten. Handelt es sich nicht um vollständige Verdichtung ganzer Schichten, sondern um verdichtete Bodenaggregate, werden diese von den Wurzeln umwachsen. Die im Aggregat gespeicherten Nährstoffe und das Bodenwasser sind für die Pflanzen nicht verfügbar. Durch die Verdichtung kommt es zu Veränderungen des Wurzelkörpers. Für die Landwirtschaft am bedeutendsten sind die Ertragseinbußen, die bereits ein

Jahr nach einer Verdichtung 35% betragen können. Aber auch geringere prozentuale Einbußen verursachen durch die enorme Größe der allgemeinen Anbaufläche in Europa einen riesigen Verlust bei den Erträgen. HORN (2004.2, S. 206) deutet darauf hin, dass durch die Bodenverdichtung „*in Europa mehr als 32 Mio. ha Flächen irreversibel verloren gegangen sind*“.

Ausmaß der Verdichtung

Das Ausmaß der Verdichtung ist in verschiedenen Bereichen der Felder unterschiedlich groß. Die allgemeine Bodenbearbeitung führt zu ganzflächiger Belastung, der Fahrverkehr dagegen zu besonderer Belastung in den Fahrspuren. Besonders beanspruchte Bereiche sind die Pflugsohle, die Pflegespuren und das Vorgewende. Unter Vorgewende versteht man den randlichen Bereich des Ackers, der durch das Wenden ebenso wie die Zufahrten zum Acker noch stärker beansprucht wird. Unter Pflugsohle wird ein kritischer Bereich im Übergang von Krume zum Unterboden bezeichnet, der entsteht, wenn die Wiederauflockerung die vorhergehende Verdichtung nicht beseitigen kann. Durch häufige Bearbeitung kann die Mächtigkeit der Pflugsohle zunehmen. Bei der Anlage von Pflegespuren und Vorgewenden auf einem Feld wird der Boden in diesen Bereichen bis in große Tiefen komprimiert. Im Feld selbst kommt es durch diffus von den Fahrspuren ausgehende Verformungen zu Ertragseinbußen. Neben der Häufigkeit der Belastung hängt die Schädigung des Bodens vor allem von der Radlast ab. Je höher die Masse der Fahrzeuge ist, desto tiefer werden die entsprechenden Bodenschichten geschädigt. Dies bezieht sich auch auf die Belastung der Bereiche neben der Fahrspur. HORN (2004.2, S. 212-213) schließt folgende Schlussfolgerungen für das Ausmaß der anthropogenen Bodenverdichtung:

- *„Die Masse der Fahrzeuge spielt für die Verdichtungen in der Krume nur eine untergeordnete Rolle, dagegen ist sie maßgebend für die Verdichtung im Unterboden;*
- *Für Verdichtungen der Krume ist der Aufstandsdruck die entscheidende Größe;*
- *Mehrmaliges Befahren wirkt sich auf bindigen Böden stärker aus als auf sandigen;*
- *Unterschiede in der betriebsgrößenspezifischen Maschinenausstattung konnten anhand der Bodenverdichtungen nicht nachgewiesen werden;*
- *Anbauverhältnisse (insbesondere der Anteil Hackfrüchte (Zuckerrüben, Kartoffeln, Silomais)), Fruchtfolge und die mit der Ernte einhergehende teilweise massive Bodenbelastung mit mehr als 40 Mg Maschinenmasse (6 reihiger Rübenroder) beeinflussen die Dichtelagerung der Böden immens;*
- *Pfluglose Ackerkultur vermindert auf die Dauer die Druckbelastung durch gleichzeitige Steigerung der Tragfähigkeit der oberen Bodenschichten;*
- *Eine Verdichtungsgefahr durch Maschineneinsatz besteht generell, das Ausmaß richtet sich nach der Wirkungsweise des Druckes (vorrangig statisch oder vermehrt dynamisch = Schlupf) sowie jeweils der horizont- und bodenspezifischen Eigenstabilität (Vorbelastung). Sie ist von Fall zu Fall verschieden und stark standortabhängig;*
- *Auf leichten und mittleren Böden sind Pflugsohlen häufig. Ihre Mächtigkeit und Tiefenlage steigt mit zunehmender Feinkörnigkeit des Substrates. Außerdem besteht ein Trend zur Tieferlegung der Pflugsohlen als Folge der immer schwerer werdenden Landmaschinen unaufhaltsam. Auf schweren tonigen (Marsch-)Böden sind häufig aufgrund der bei höherem Wassergehalt intensiver auftretenden Zerknetungen neben der Pflugsohlenbildung auch eine vollständige Zerstörung natürlicher Bodenstrukturen verbunden mit dem erneuten Normalschrumpfungsverhalten zu finden; in homogenen Böden dringen Verdichtungen in größere Tiefen vor im Vergleich zu Schichtprofilen oder bei vorhandenen Pflugsohlen.“*

Schutz vor Verdichtung

Zum Schutz vor Verdichtung werden technische als auch betriebswirtschaftliche bzw. pflanzenbauliche Maßnahmen empfohlen. Die Maßnahmen beziehen sich z. B. auf die Verringerung der auflastenden Masse als auch auf die Vergrößerung der Aufstandsfläche bei gleichbleibender Masse. Bei letzterem kommt es zu einer Verminderung des Kontaktflächendruckes und somit zu einer geringeren Verdichtung unter dem Reifen, aber auch zu einer Vergrößerung der verdichteten Fläche (Abbildung 17).

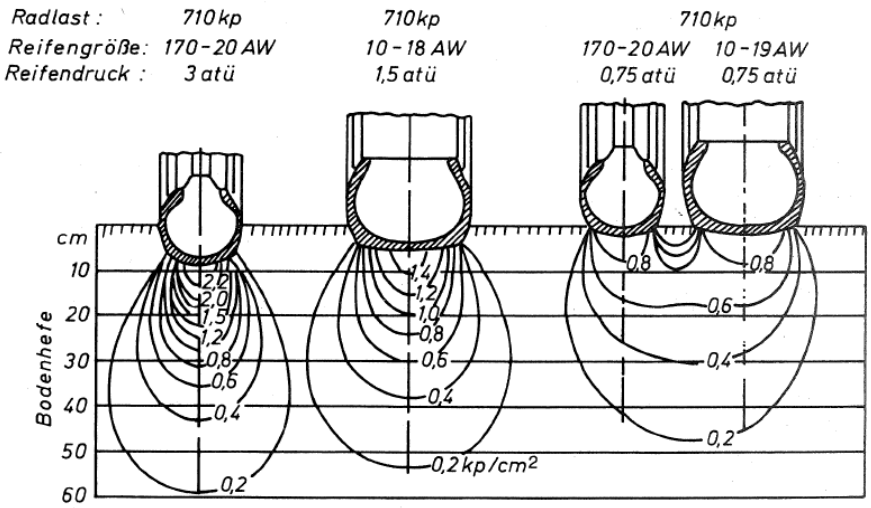

Abbildung 17: Druckverteilung (Linien gleicher Drücke) bei gleicher Radlast unter Schlepperreifen unterschiedlicher Breite (HORN, R. 2004.3, S. 677)

Weiterhin werden folgende Maßnahmen empfohlen (HORN 2004.3):

- Verringerung des Spurflächenanteils durch eine größere Arbeitsbreite der Maschinen
- Gleichzeitiger Arbeitseinsatz verschiedener Geräte während einer Befahrung
- Nutzung eines Spurlockerers im gleichen Arbeitsgang. Aber: die entstehenden Bodenfragmente bleiben so dicht wie vorher, sie werden nur zerkleinert und in ihrer Lage verändert
- Anlegen von Spurgassen, wobei die Arbeitsbreiten der verschiedenen Maschinen aneinander angepasst sein müssen
- Erntezeitpunkt auf die beste Tragfähigkeit des Bodens anpassen
- Ernte häufiger abladen und direkt vom Feld abfahren
- Boden nach der Ernte und vor erneuter Bearbeitung abtrocknen lassen
- Zeitweilige Übernässung durch Dränung oder tiefer gehende Bodenbearbeitung abführen, damit der Boden besser abtrocknet. Problematisch daran ist, dass durch die Tieflockerung der Bodenverband in größerer Tiefe gelockert und dadurch die Tragfähigkeit des Bodens herabgesetzt wird

- Anpassung der Bodenbearbeitung an die Bodenverhältnisse. So sollte der Boden vorzugsweise im Herbst bearbeitet werden
- Anpassung der Fruchtfolge
- Gänzlicher Verzicht auf die Pflugfurche
- Variation der Pflugtiefe
- Fahren außerhalb der Furche beim Pflügen

Als großes Problem weist HORN (2004.3) auf das eng begrenzte Zeitfenster für die Bodenbearbeitung durch äußere Bedingungen hin, wodurch nicht mehr auf den idealen Bearbeitungszustand des Bodens geachtet werden kann.

Bodenerosion

Unter Bodenerosion wird allgemein der natürliche, nach Naturgesetzen ablaufende Prozess der Verlagerung, genauer der Abtrag und die anschließende Ablagerung von Boden verstanden. Bodenabtrag und die Sedimentakkumulation laufen an jedem Hang unterschiedlich und in verschieden langen Zeiträumen, abhängig von den die Erosion beeinflussenden Faktoren ab. Der Begriff Bodenerosion umfasst dabei den durch menschliche Eingriffe in die Landschaft ermöglichten und durch die Kraft von Wind und/oder Wasser ausgelösten Prozess der Ablösung bzw. Abtragung, den Transport und die Ablagerung von Bodenpartikeln (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004).

Wassererosion (S. 220-231, 684-695)

Wassererosion ist ein natürlicher Prozess, der sich linienhaft und flächenhaft auf das Gelände auswirkt und seit der Landnutzung durch den Menschen verstärkt wird. Eine Abtragsschätzung ist schwierig. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass durch die Rodungsphasen im Mittelalter, v. a. Anfang des 14. Jhd., der Höhepunkt des Bodenabtrages in Mitteleuropa erreicht wurde. Weiter wird angenommen, *„… dass über die vergangenen 1200 Jahre im Mittel ca. ein Viertel der Fläche Deutschlands von Bodenerosion betroffen wurde,…“* daraus *„…ergibt sich eine durchschnittliche Tieferlegung der erodierten Fläche um etwa 50 cm“* (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 221). Ursachen für die Wassererosion werden in der Rodung der Wälder und die anschließend unangepasste Landnutzung gesehen. Trotz der Kenntnis bodenschonender Verfahren besteht auch heute immer noch ein hohes Risiko für den Verlust der Funktionalität der Böden durch unangepasste Landnutzung, da eben diese Kenntnisse nicht umgesetzt werden.

Die Formen der Wassererosion variieren räumlich und zeitlich und führen zu unterschiedlichen Klassifizierungen. Neben einem geomorphologischen Ansatz, der Musterausprägungen in Bezug auf das Einzugsgebiet, die Hanglänge, die Neigung und die Exposition vorgibt, gibt es noch einen Ansatz, der sich auf die Formenprägung durch Landnutzung bezieht. Bei letzterem wird das gesamte Erosionssystem betrachtet mit den Abtrags-, Transport- und Akkumulationsbereichen.

Prozessbeschreibung

Der Prozessverlauf wird von (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 224) sehr komprimiert auf den Punkt gebracht und mit Abbildung 18 veranschaulicht:

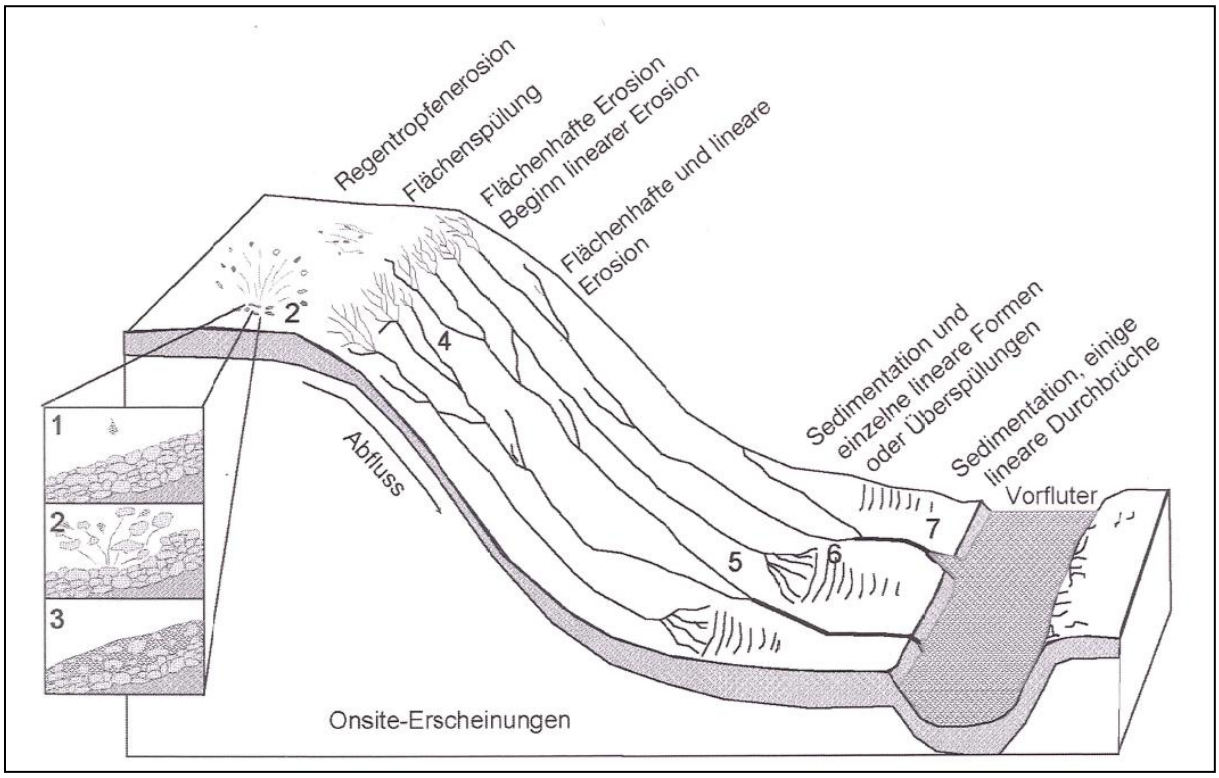

Abbildung 18 Schema des Erosionsverlaufs am Hang (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 223)
„Regentropfen fallen mit hoher Energie auf die Bodenoberfläche (1) und zerstören Aggregate oder lösen Bodenteilchen ab und schleudern sie hoch (splash) (2). Frisch bearbeiteter und geglätteter Boden verschlämmt durch diesen Vorgang sehr leicht, die Poren an der Oberfläche sind verstopft (3). Das Niederschlagswasser kann nicht schnell genug in den Boden eindringen, weil keine großen, nach oben offenen Poren mehr vorhanden sind. Dadurch sammelt sich das Wasser auf der Bodenoberfläche und läuft den Hang hinab. Die obere Bodenschicht wird immer instabiler und bei Fortdauern des Regens werden die losgelösten Teilchen mitgerissen….Nimmt die Hangneigung hangabwärts ab und wechselt zum konkaven Unterhang, verlangsamt sich die Fließgeschwindigkeit und die Sedimentation beginnt (5). Zuerst sedimentieren die groben Teilchen, die feineren Bestandteile werden weiter transportiert. Liegt der Hang unmittelbar an einem Gewässer, ist oft ein direkter Austrag von Sediment und feinen Teilchen im Abflusswasser aus der Fläche und Eintrag ins Gewässer zu beobachten (6)“ (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 223)

Die Wassererosion beeinflussenden Faktoren

Es gibt verschiedene Faktoren, welche den Erosionsprozess langfristig oder kurzfristig beeinflussen. Die Erosion wird stark von der **Erosivität** der Niederschläge bestimmt. Lang anhaltende Niederschläge müssen eine bestimmte Intensität und Höhe überschreiten um Erosionsprozesse auszulösen. Die höchste Erosivität haben Niederschläge zwischen Mai und September und im Winter. Eine besondere Rolle kommt der rasch einsetzenden Schneeschmelze zu. Unter **Erodierbarkeit** wird die Erosionsanfälligkeit der Böden verstanden. Besonders wirkungsvoll einzuschätzen sind die gegebenen Bedingungen in Bezug auf die Hanglänge, Hangneigung und die Hangform. Je länger und je stärker geneigt der Hang ist, desto größer ist die erodierende Kraft des Wassers. Dellen und Mulden, in denen sich das Oberflächenwasser sammeln kann, fördern die Erosion. Auch die

Korngrößenzusammensetzung beeinflusst die Erosionsanfälligkeit der Böden. So ist ein Boden mit erhöhten Anteilen von Feinsand und Schluff anfälliger als ein Boden mit steigendem Anteil an Ton oder auch Humus, welche die Stabilität des Bodens erhöhen. Weiterhin wird die Aggregatstabilität durch einen erniedrigten Gehalt an Kalk oder eine verminderte mikrobielle Aktivität herabgesetzt. Die langfristige Nutzung ist ein weiterer ausschlaggebender Faktor. Bei Waldnutzung schützt die Belaubung der Bäume den Boden vor direkt auftreffendem Regen. Dieser Effekt kann auch bei Grünlandwirtschaft beobachtet werden. Bei Ackernutzung nimmt die Erosionsgefährdung mit zunehmender Pflanzenbedeckung ab. Schnell wachsende und gut deckende Fruchtarten schützen den Boden besser vor Erosion als z. B. Hackfrüchte wie Mais und Kartoffeln. Eine erhöhte Wasseraufnahmefähigkeit der Böden senkt das Erosionsrisiko. Daher kann man sagen, dass je höher die Oberflächenrauigkeit ist (z. B. bei einem frisch gepflügtem Feld), umso mehr Wasser kann sich in den Mulden sammeln und langsam einsickern. Besonders wichtig für eine gute Infiltration des Regens ist seine schnelle Abführung durch dränende große Poren und die Durchgängigkeit von Mittelporen von der Oberfläche bis in größere Bodentiefen. Verdichtete Bereiche wie Fahrspuren dagegen sind besonders gefährdet, da sie das zügige Ableiten des Wassers in den Untergrund verhindern, das Wasser dagegen sogar noch sammeln, was hangabwärts zu erhöhten Fließgeschwindigkeiten mit erhöhter Erosionskraft und damit großen Schäden führt. Ein letzter ausschlaggebender Faktor ist die aktuelle Bodenfeuchte. Ein wassergesättigter Boden kann kein weiteres Wasser abführen, wodurch es zu verstärktem Oberflächenabfluss kommt. Vor allem im Winter ist der Boden wassergesättigt und das Bodengefüge instabil gegen Erosion.

Folgen der Wassererosion

Es werden die Auswirkungen innerhalb der Erosionsfläche bzw. dem Austragungsbereich (= flächeninterne oder Onsite-Erscheinungen) und außerhalb dieser Flächen in andere Ökosysteme (z. B. Gewässer, Feuchtgebiete) oder infrastrukturelle Anlagen (z. B. Straßen, Gräben) (= flächenexterne oder Offsite-Erscheinungen) unterschieden.

Bei den **flächeninternen Schäden** sind einige sichtbar, wie die

„…Verletzung, Entwurzelung, Überdeckung und Vernichtung der Kulturpflanzen,“ das *„…erschwerte Befahren der Äcker durch tiefe Erosionsrinnen“*, oder das *„…Wegspülen von Saatgut, Düngemittel und Pflanzenschutzmitteln vom Ausbringungsort und Ablagerung an unerwünschter Stelle“* (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 222).

Nicht sichtbar dagegen sind z. B. der

„… Verlust an durchwurzelbarer Bodensubstanz und damit vermindertes Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen“, die *„Reduzierung der Funktionsfähigkeit abgetragener Bodenbereiche und akkumulierter Sedimentbereiche“*, die *„Verarmung des Bodens an Humus und Pflanzennährstoffen“*, die *„Minderung der Ertragsfähigkeit“*, die *„Zunahme der Flächenheterogenität“* und die *„Akkumulation von Schadstoffen durch Konzentration von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln im Ablagerungsbereich“* (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, S. 222).

Zu den **flächenexternen Schäden** gehören die Einträge z. B. von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln in benachbarte Ökosysteme, die zu einer Verschiebung der jeweiligen

Stoffhaushalte führen. So kann es z. B. zur Gewässereutrophierung von Seen, Flüssen oder Meeren kommen. Verstärkend auf die Schadstoffschübe wirken sich vor allem starke Niederschläge im Sommer oder lang anhaltende Niederschläge auf gesättigten oder gefrorenen Böden im Winter aus. Zusätzlich kommt es zur Verschmutzung, z. B. von angrenzenden Straßen oder Gräben. In Mitteleuropa werden die Folgen der Wassererosion als beherrschbar eingestuft. Besonders drastisch dagegen sind die Auswirkungen in Indien, China aber auch in den USA. Um zu einem bodenschonenden Umgang in diesen Ländern zu kommen, wären Veränderungen der sozialpolitischen Strukturen und/oder Sonderprogramme für die Landnutzung nötig.

Schutz vor Wassererosion

Um Boden vor Wassererosion zu schützen, muss eine Bestimmung der potentiellen Gefährdung, d. h. der standortspezifischen Belastbarkeit und der Belastung der Böden durch die Landnutzung vorgenommen werden. Zur Beurteilung muss weiterhin die Pflanzenbedeckung des jeweiligen Bodens hinzugezogen werden. Insgesamt wird angenommen, dass ein erfolgreicher Bodenschutz durch angepasste Landnutzung möglich ist. Seit Verabschiedung des BundesBodenschutzgesetzes (BBODSCHG 1998) und der Bodenschutzverordnung (BBODSCHV 1999) gehört Boden zu den geschützten Umweltmedien. Ziel dieser Gesetzestexte ist einerseits die Vorsorge, und damit der Schutz vor Schädigung, und andererseits die Nachsorge, die sich bei beschädigten Böden durch Sanierung ausdrückt. Um eine dem Risiko angemessene Bodenbewirtschaftung zu bestimmen, wird eine Abfolge von Schritten zur Ableitung von Maßnahmen vorgeschlagen. Die Schritte reichen von

- einer Bewertung des Standortes nach Erodierbarkeit, Hangneigung, lokalen Gefährdungsbereichen und der langfristigen Landnutzungsstrukturen über
- die Bewertung der agrarischen Landnutzung hinsichtlich der Risiken der Wassererosion hin zu
- einer Verknüpfung von 1. und 2. zur Ermittlung der tatsächlichen Erosionsgefährdung um
- die Ergebnisse an Einzelfällen direkt nach Niederschlagsereignissen mit den Folgen für die Umwelt zu überprüfen.

Je nach Arbeitsschritt entstehen spezifische Karten mit Einschätzungen der Gefährdung. Dementsprechend werden verschiedene Maßnahmen zur Vorsorge vorgeschlagen, die als Vorsorge durch gute fachliche Praxis beschrieben werden oder in technische Schutzmaßnahmen münden. Die gute fachliche Praxis bezieht sich dabei auf eine bodenschonende Bewirtschaftungsweise und die Erhöhung der Bodenbedeckung mit Pflanzen oder Pflanzenrückständen durch die angebauten Fruchtarten. Technische Schutzmaßnahmen kommen dann zum Zuge, wenn die Maßnahmen der guten fachlichen Praxis nicht mehr ausreichen. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Maßnahmen nur greifen können, wenn ebenfalls eine Anpassung der Landnutzung an das Erosionsrisiko stattfindet. Mögliche Maßnahmen wären: technische Hanglängenverkürzung durch Konturwälle oder Bankette; Flächenanrisse, Rinnen oder Gullies durch Einbauten oder Verfüllungen mit Steinen oder Stroh zum Stehen zu bringen, in dem sich die Anschwemmungen an den Hindernissen ablagern; die Gliederung

der Hangflächen durch Böschungen oder Terrassen; das Abführen des Hangwassers durch quer zum Hang angelegte Gräben, Fangdräne oder Wallhecken (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, FRIELINGSHAUS/WINNIG/DEUMILCH 2004).

Winderosion (S. 231-234; 695-699)

Wind trägt ebenso wie Wasser zur Gestaltung der Erdoberfläche bei. Vor allem in Gebieten, in denen aufgrund von großer Trockenheit oder Kälte eine geschlossene Vegetationsdecke fehlt, kann der Wind Bodenmaterial abtragen und an anderer Stelle wieder ablagern. Diese Prozesse findet man aber auch in feuchteren und wärmeren Gebieten, wenn durch die Landnutzung der Boden ohne Vegetation bleibt. Formen der Winderosion in den Abtragungsgebieten sind z. B. Deflationswannen, Sandschliff und Steinsohlen. In den Ablagerungsgebieten kommt es zu Flugsanden, Dünen oder Löss auch in größerer Entfernung zu den Abtragungsgebieten. Die Agrarlandschaft wird als offenes System angesehen, in dem es zu einem Austausch an Energie und Masse kommt. Dieser Austausch wird einerseits durch die Erodierbarkeit des Bodens und andererseits durch die Erosivität des Klimas bestimmt. Abgrenzend zur Wassererosion lassen sich einige Unterschiede formulieren: Die erodierbaren Teilchen sind kleiner, die kritische Geschwindigkeit des Windes, die zum Abtrag führt, dagegen ist größer als bei der Wassererosion. Ebenso ist der Dichteunterschied zwischen Luft und Boden größer als zwischen Wasser und Boden. Ferner findet bei der Winderosion eine Verlagerung in verschiedene Richtungen statt. Dies beruht auf wechselnden Windrichtungen, die einen Transport auch gegen das Gefälle möglich machen.

Bei der Winderosion ablaufende Prozesse

Die Fortbewegung der Bodenteilchen kann in drei Vorgänge eingeteilt werden: die Saltation, das Kriechen/Rollen und die Suspension/das Schweben (Abbildung 19).

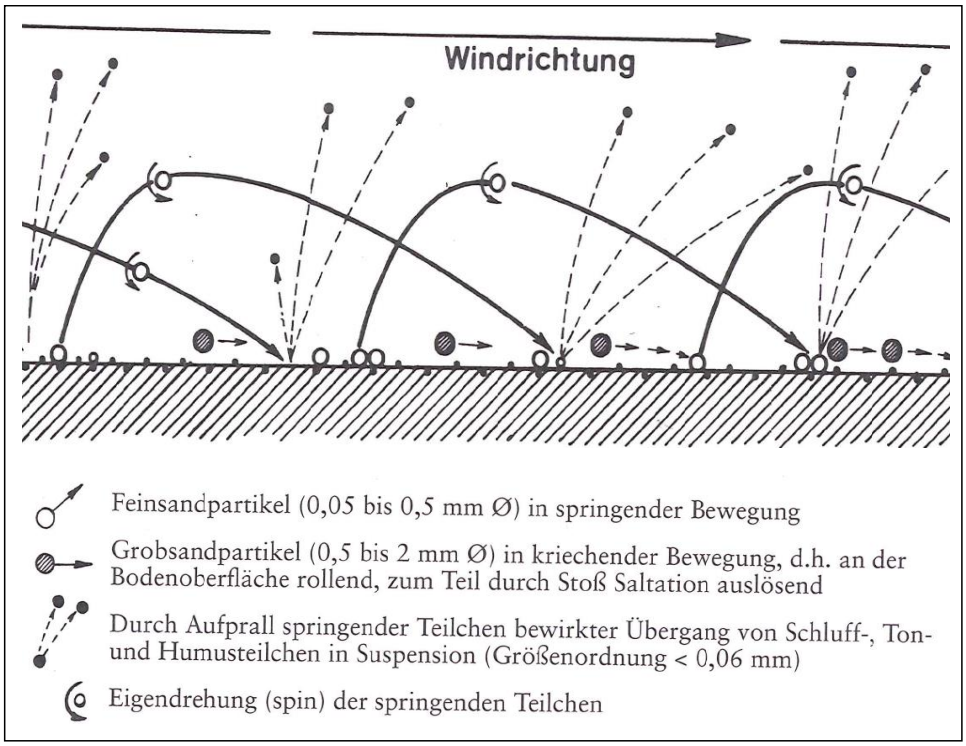

Abbildung 19: Schematische Darstellung des Zusammenwirkens der Bewegungsformen der Bodenpartikel verschiedener Größenordnung bei Winderosion (HASSENPFLUG 2004.1, S. 232)

Bei der **Saltation** werden Sandkörner von turbulentem Wind in die Höhe gerissen, gelangen dadurch in Schichten mit höherer Windgeschwindigkeit und fallen in flacher Bahn wieder zurück. Am leichtesten bewegt werden Teilchen mit einer Korngröße von 0,1 mm. Größere Teilchen werden aufgrund ihres größeren Gewichts nur von höheren Windgeschwindigkeiten bewegt. Kleinere Teilchen geraten in den Windschutz der größeren Körner und werden über Wasserfilme kohäsiv gebunden, so dass auch hier die Windgeschwindigkeit zur Fortbewegung zunehmen muss. Teilchen, die auf den Boden zurückfallen, zerschlagen durch ihre kinetische Energie Bodenaggregate und schleudern andere Körner in die Höhe. Es wird eine vermehrte Anzahl von Bodenteilchen lawinenartig weitertransportiert, so dass von einer Bodenlawine gesprochen wird. Bei schwächerem Wind befinden sich Auswehungs- und Ablagerungsbereich im gleichen Feld. Stärkere und lang anhaltende Verwehungen können jedoch über die Feldgrenze hinausgehen, bis der Wind und somit der Transport der Bodenteilchen an einem Hindernis, z. B. der Vegetation gebremst wird. Im Extremfall kann es zur Bildung von Sandfahnen auf dem angrenzenden Feld kommen. Gröbere Bestandteile des Bodens (0,2-0,5 mm) sind zu schwer für die Saltation und werden von den durch Saltation bewegten Körnern angestoßen, weitergeschoben und zum **Kriechen oder Rollen** gebracht. Die Größe der bewegten Teilchen nimmt mit dem Winddruck zu. Die Fortbewegungsgeschwindigkeit bleibt unter der Windgeschwindigkeit. Die Teilchen werden meist durch Gräben oder die Vegetation an der Ackergrenze in ihrer Bewegung gestoppt. Bei der **Suspension** bzw. dem **Schweben** werden kleine Partikel (< 0,05 mm) aufgrund ihres geringen Gewichtes durch turbulenten Wind in die Höhe gebracht

und auch über größere Entfernungen transportiert. Zu diesen kleinsten transportierten Teilchen gehören auch organische Bestandteile und Düngerbestandteile.

Auf die Winderosion einwirkende Faktoren

Die Winderosion wirkt sortierend, da verschieden schwere Bestandteile durch unterschiedliche Windgeschwindigkeiten in Bewegung gesetzt und dem Gewicht entsprechend weit transportiert werden können. Der Transport endet meist mit der nächsten windberuhigten Zone, z. B. an einem Waldstück oder an einer anmoorigen Senke. Die **Erosivität** des Klimas, die **Erodierbarkeit** aber auch die Rauigkeit des Bodens, die Bodenbedeckung und die Geländestruktur haben Einfluss auf die Winderosion. Unter Erosivität des Klimas wird „*der potentielle Abtrag von Bestandteilen der Bodenoberfläche als Funktion von Windkräften und der Feuchte der Bodenoberfläche*“ verstanden (HASSENPFLUG 2004.1, S. 235). Eine hohe Erosivität ist bei hinreichender Windstärke und geringer Luftfeuchtigkeit gegeben. Sichtbare Verwehungen entstehen ab Windstärken zwischen 4 und 5. Die Erodierbarkeit des Bodens ist abhängig von der Körnung und vom Humusgehalt. Eine erhöhte Erodierbarkeit besteht bei Mineralböden mit einem erhöhten Anteil an Fein- und Mittelsanden (0,1-0,5mm), da diese durch die geringe Wasserhaltefähigkeit schnell abtrocknen und weitgehend im Einzelkorngefüge vorliegen. Ebenso sind entwässerte Moore und Flugsanddecken besonders anfällig für die Winderosion. Die Erodierbarkeit wird dagegen durch einen ansteigenden Schluff-, Ton- und Humusanteil im Boden vermindert. Die genannten Bestandteile fördern die Aggregierung und die Kapillarität. Auch Krustenbildung vermindert das Eorsionsrisiko. In Bezug auf die Gestalt des Geländes ist die Länge des Feldes ein wichtiger Einflussfaktor. Die Verwehungsprozesse und die Erosionsrate nehmen durch den entstehenden Lawineneffekt mit der Länge des Feldes zu. Die Erhöhung der Rauigkeit vermindert die Erosion. Es wird zwischen flächenhafter Rauigkeit, z. B. durch Vegetationsbedeckung des Feldes und linienhafter Rauigkeit, z. B. durch Busch- und Baumreihen an der Feldgrenze als Windschutz unterschieden. Bereits kleinere Vertiefungen in der Oberfläche reichen für eine Immobilisierung der sich kriechend fortbewegenden Partikel (HASSENPFLUG 2004.1).

Folgen der Winderosion

Auswirkungen der Winderosion werden für die Bodeneigenschaften und Organismen als auch für die Land- und Forstwirtschaft beschrieben. Beide Punkte werden in Auswehungs- und Ablagerungsbereiche unterteilt. Die Folgen der Bodenerosion auf die Bodeneigenschaften und Organismen im Auswehungsbereich beziehen sich darauf, dass der Verlust von feineren Bodenpartikeln zu einer Verarmung des Bodens an Schluff, Humus aber auch an Nähr- und Düngestoffen führt. Durch den Abtrag kommt es zu einer Verkürzung des A-Horizontes, der Ausbildung von Steinpflastern, welche jedoch durch Bodenbearbeitung wieder zerstört werden können und zur Freilegung der Saat. Im Akkumulationsbereich werden die Partikel in windberuhigten Bereichen in teilweise mächtigen Ablagerungen oder Überschüttungen akkumuliert. Bei Einarbeitung dieser neu entstandenen Sandauflage in den Boden kommt es zu Strukturverschlechterungen. Auch die in Suspension befindlichen Teilchen lagern sich in windberuhigten Bereichen wieder ab. Dies wird

besonders problematisch, wenn z. B. ein Eintrag von Nährstoffen in naturschutzbedeutende Standorte wie Moore oder Magerrasen stattfindet. Für die Land- und Forstwirtschaft ergeben sich aus der Winderosion Probleme, wenn bereits aufgegangene Saaten durch Windschliff geschädigt und Wurzeln freigelegt werden. Durch die Auswehungen entstandener Nährstoffverlust muss durch weitere Düngungen ausgeglichen werden. Die Verluste an Ton und Schluff führen zu verminderter Wasserkapazität des Bodens und zu erleichterter Nährstoffauswaschung. Einerseits wird dadurch die Ertragssicherheit gemindert und andererseits wird z. B. das Grundwasser belastet. Im Ablagerungsbereich kommt es zur Überschüttung des Pflanzenbestandes, so dass die Pflanzen eingehen oder in ihrer Entwicklung verzögert sind. Ebenso ist von einer Abnahme des Ertrages bei Zufuhr reiner Sande auszugehen. Findet eine Sedimentation in Gräben oder auf Straßen statt, entstehen Kosten um die Ablagerungen wegzuräumen (HASSENPFLUG 2004.1).

Bei der Erfassung und Prognose hilft die Auswertung von Luft- und Satellitenbildern, Kartierungen mit Unterstützung von GIS, die Erfassung des Verwehungsvorganges im Gelände durch Messung des transportierten Materials mit Hilfe von Sedimentfallen und Messungen im Windkanal.

Schutz vor Winderosion

Ziele des Schutzes vor Winderosion ist es, den Bodenverlust unter der Bodenneubildungsrate zu halten und einen Eintrag der Sedimente, Nähr- und Schadstoffe in andere Standorte zu verhindern. Um diese Ziele erreichen zu können, müssen die Erosivität des Windes durch das Herabsetzen der Windgeschwindigkeit und die Erodierbarkeit des Bodens durch die Erhöhung der Erosionsstabilität vermindert werden. Es werden überbetriebliche und betriebliche Maßnahmen vorgeschlagen. Im Zuge einer Flurbereinigung könnten die Felder so ausgerichtet werden, dass die Längsachse derselben quer zur Hauptwindrichtung liegen. In Mitteleuropa schützt eine Nord-Süd-Ausrichtung der Felder den Boden gegen den verwehungswirksamen Ostwind aber auch gegen die vorherrschenden Westwinde. Effektiv wird dieses System, wenn zusätzlich Windschutzhecken angepflanzt werden. Durch diese Hindernisse werden die Strömungsbahnen von dem Boden angehoben und der Erosion entgegengewirkt. Die bewegten Bodenpartikel werden abgebremst und die Bodenlawine wird unterbrochen. Durch die Hecken wird die Luft verwirbelt, die Windgeschwindigkeit herabgesetzt und die Luftströmung über die Hecke hinweggeleitet. Die Verminderung der Windgeschwindigkeit ist asymmetrisch und auf der Luvseite geringer als im Lee der Hecke. Außerdem ist die Windberuhigung abhängig von der Höhe und der Durchlässigkeit der Hecke. Die Höhe bestimmt die geschützte Länge, die für die Luvseite mit dem 3-5 fachen der Höhe und für die Leeseite mit dem 10-30fachen angegeben wird. Die Hecken sollten nicht ganz dicht vor Durchblasbarkeit sein. Der optimale Wert wird mit 50% angegeben. Bei zu dichten Hecken wird der Luftstrom über die Hecken hinweggeführt, die Luftmassen sinken hinter der Hecke schnell und turbulent zu Boden. Die Reduzierung der Windgeschwindigkeit ist eher gering. Eine durchblasbare Hecke lässt einen Windstrom durch, der quer zu den absinkenden Luftmassen verläuft. Ein vollständiges Absinken wird verhindert und die Windgeschwindigkeit in stärkerem Maße vermindert. Am wirkungsvollsten wird ein Heckennetz

beschrieben, bei welchem weitere Hecken quer zu den anderen verlaufen, damit auch andere Windrichtungen als die allgemein vorherrschenden berücksichtigt werden. Um das Absinken des Grundwasserspiegels in Trockenzeiten zu verhindern und damit dem Austrocknen des Bodens vorzubeugen, wird vorgeschlagen, die Entwässerungssysteme mit Rückstaumöglichkeiten zu versehen. Die betriebsgebundenen Maßnahmen beziehen sich auf ackerbauliche Maßnahmen. Es wird vorgeschlagen, die Bodenrauigkeit in möglichem Maße zu erhöhen und die Bodenbearbeitung quer zur erosionswirksamen Windrichtung anzulegen. Die Erosionsstabilität soll durch Mulchen, also durch Förderung der Humusbildung, z. B. durch organische Düngung oder das Einarbeiten von Ernterückständen in den Boden gefördert werden. Fruchtfolgen mit hohem Bedeckungsgrad sollten, wenn möglich, bevorzugt werden. Für die Zukunft ist es evtl. möglich, die Bodenstruktur durch den Einsatz synthetischer Polymere, die eine aggregierende Wirkung besitzen, zu verbessern. Die Entwicklungen sind aber noch nicht so weit, dass diese Produkte umfassend eingesetzt werden könnten. Auf Grenzertragsböden wird eine Aufforstung der Flächen empfohlen (HASSENPFLUG 2004.1, 2004.2, KRETZSCHMAR 2004).

Belastung mit Säuren (S. 24, 297-321, 716-722)

Das Phänomen Bodenversauerung ist durch einen Verlust des Bodens an Säureneutralisationskapazität und den Rückgang der Bodenreaktion gekennzeichnet. Dabei steigt bei unvollständiger Pufferung die Protonenkonzentration in der Bodenlösung an. Die Protonen ersetzten basische Kationen und es kommt zu einer Entbasung oder Aluminisierung. Die verstärkte Versauerung von Waldböden wird als ein Phänomen beschrieben, das noch zu bewältigen ist.

Ursachen der Bodenversauerung

Bodenversauerung wir geprägt durch die

„…akkumulierte Wirkung atmosphärischer Depositionen potenziell säurewirksamer Luftschadstoffe, deren Konzentrationen und grenzüberschreitender Ferntransport im Zuge wirtschaftlichen Wachstums angestiegen sind“ (SCHIMMING 2004.1, S. 297).

Zu säurewirksamen Luftschadstoffen werden v. a. SO_2 und NO_X und NH_3 gezählt. Die Emittentengruppen der einzelnen Schadstoffe sind unterschiedlich. SO entsteht SO_2 bei der Verbrennung von Kohle und Erdöl oder bei industriellen Prozessen. NO_X ist ein Reaktionsprodukt aus Sauerstoff und Stickstoff und entsteht größtenteils durch Verbrennungsmotoren im Kraftfahrzeugverkehr. NH_3 und sein Reaktionsprodukt NH_4^+ stammen vorwiegend aus der intensiven Tierhaltung. Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Verteilung der Emittentengruppen (Industrie, Verkehr, Landwirtschaft) ergibt sich auch eine unterschiedliche räumliche Verteilung der Deposition der Schadstoffe.

Belastungspfade

Die Luftschadstoffe werden aber auch entsprechend ihrer Verweilzeit und ihrer Reaktivität in der Atmosphäre unterschiedlich weit transportiert. Sie werden durch Tropfenbildung in den Wolken aufgenommen (Rainout). Die Regentropfen nehmen auf dem Weg zur Erde dann weitere

Luftschadstoffe auf (Washout) um diese als nasse Deposition auf der Erdoberfläche abzulagern (Abbildung 20).

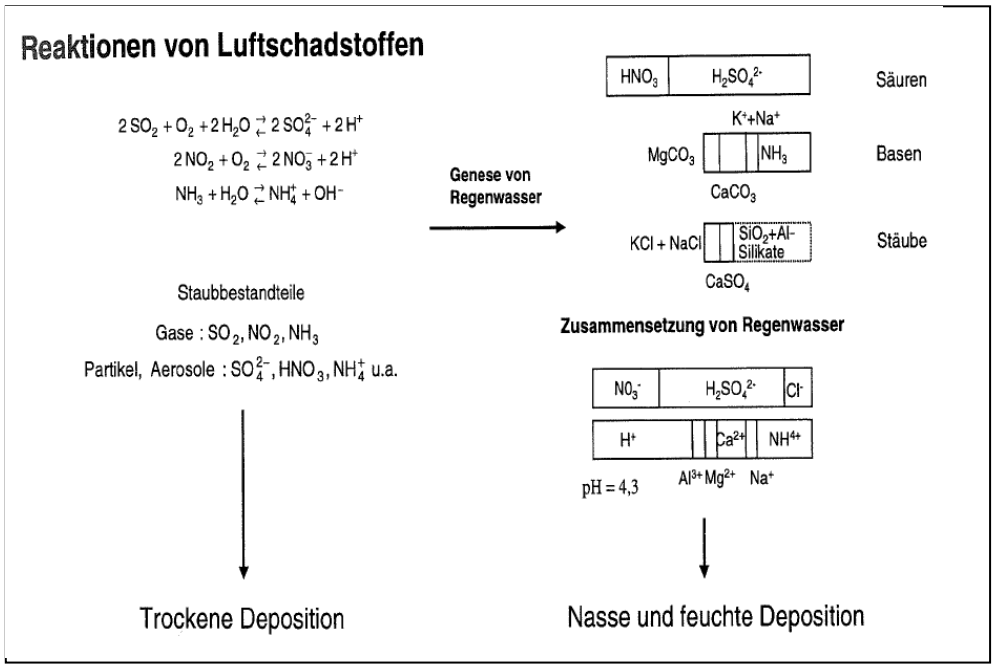

Abbildung 20: Reaktionen von Luftschadstoffen und relativen Spezifizierungen der atmosphärischen Deposition (SCHIMMING 2004.1, S. 301)

In der wässrigen Phase findet eine Umwandlung der ursprünglich gasförmigen Emissionen statt. So werden Schwefeldioxide durch Oxidation zunehmend zu sulfathaltigen Verbindungen oder Stickoxide in einem komplexeren Prozess in Salpetersäure transformiert. Die freie Acidität der Niederschläge wird durch säurewirksame Luftschadstoffe, basisch wirkendes Ammoniak, basische Stäube und Bestandteile des Meerwassers bestimmt. Der pH-Wert des Regens hätte ohne den Einfluss gelöster Stoffe, im Gleichgewicht mit dem CO_2 der Atmosphäre, einen Wert von 5,6. Die Lösung atmosphärischen Ammoniaks führt zu einem pH-Anstieg im Regenwasser, stellt aber gleichzeitig einen höheren Anteil potenzieller Acidität der nassen Deposition. In Waldökosystemen erreicht die nasse Deposition eher auf direktem Weg die Bodenoberfläche. Die freie Acidität der nassen Deposition ist aber eher unbedeutend. Eine weitere Selbstreinigung der Atmosphäre erfolgt durch die trockene Deposition von Stäuben und Gasen an der Erdoberfläche. Diese wird vorwiegend vom Kronenraum aufgenommen und erreicht später indirekt durch Kronentraufe und Stammabfluss den Boden. Der Hauptanteil der Säurewirksamkeit in Ökosystemen wird durch trockene Depositionen bestimmt.

Folgen der Bodenversauerung

Die Reaktion von Ökosystemen auf die Bodenversauerung beruht auf Oxidations- und Reduktionsvorgängen:

„Maßgeblich für die Entstehung von Acidität in Ökosystemen sind Ungleichgewichte zwischen Transfers von Elektronen (negativen Ladungen) in Reduktions- und Oxidationsvorgängen sowie positiver Ladung in entgegen gesetzter Richtung, die Teilprozesse der Photosynthese und des respiratorischen Abbaus organischer Verbindungen bilden“ (SCHIMMING 2004.1, S. 303).

So werden nichtmetallische Elemente wie Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel durch Reduktion, Bindung und Assimilation in elektronen- und energiereiche organische Verbindungen umgewandelt. Durch den respiratorischen Abbau von Biomasse entstehen gasförmiges Kohlendioxid, gelöste Oxianionen (HCO_3^-, NO_3^-, SO_4^{2-}) und weiterer oxidierter Elemente. Die Freisetzung der Elemente an die unbelebte Umwelt führt zur *„…Verschiebung des Ionenproduktes von Wasser: (H^+) (OH^-) = 10^{-14} zugunsten freier Acidität(H^+) oder Alkalinität(OH^-)"* (SCHIMMING 2004.1, S. 303).

Eine besondere Bedeutung wird der Umsetzung der verschiedenen Stickstoffverbindungen im Stickstoff-Kreislauf für die Versauerung zugesprochen, wenn *„…Ungleichgewichte von Transfers zwischen Pools von Stickstoff…"* bestehen (SCHIMMING 2004.1, S. 303). Dies Verbindungen können in positiv (NH_4^+) und negativ (NO_3^-) geladener Form vorkommen und wirken sich je nach Verlagerung des Gleichgewichtes auf eine Seite möglicherweise versauernd auf den Boden aus. Als Folge kommt es zu einer *„…Mobilisierung metallischer Elemente des basischen Stoffbestandes in positiv geladener Form oder bei unzureichender Aktivität…"* zur Herabsetzung des pH-Wertes der Bodenlösung (SCHIMMING 2004.1, S. 303). Eine Erhöhung des Stickstoffeintrags kann durch anthropogene Einflüsse wie die technische Bindung des Luftstickstoffs in lösliche und verfügbare Stickstoffformen und durch versauerungsfördernde Formen der Bodennutzung, z. B. Streunutzung von Wäldern, Waldweiden, Kahlschlag von Wäldern und einer häufig folgenden Verheidung, erfolgen.

Das Ausmaß der Versauerung ist nicht nur durch die atmosphärischen Einträge, sondern auch durch die Puffereigenschaften und die Säureneutralisationskapazität des Bodens bestimmt. Neutralisierend wirken Carbonate, Silikate, Huminstoffe, Eisen- und Manganoxide. SCHIMMING (2004.1, S. 305) distanziert sich von der Einteilung in eindeutige Pufferbereiche, da *„infolge der komplexen chemischen Zusammensetzung von Böden (die) Pufferbereiche einer Vielzahl ampholytischer Gruppen verschiedener Stoffe dicht beieinander"* liegen.[2]

Folgen: Bei der Bodenentwicklung hat die Bodenversauerung in aufeinander folgenden Prozessen Auswirkungen auf strukturelle Bodenveränderungen v. a. im Hinblick auf die Horizontierung. Bei carbonathaltigen Böden werden eine Entkalkung und ein damit verknüpfter Verlust der Säureneutralisationskapazität im Initialstadium der Bodenbildung (z. B. Rendzina, Pararendzina) beschrieben. Es folgt eine Entbasung des Oberbodens (von der Braunerde hin zur sauren Braunerde) und eine Tonverlagerung und spätere Tonmineralzerstörung im Oberboden. In humiden Bereichen kann es zu hochgradiger Differenzierung von Podsolen als Klimaxstadium der Bodenbildung kommen.

Die Auswirkungen des Säureeintrags sind jedoch mit Folgen für das gesamte Ökosystem verbunden, die in der Verarmung an Arten, Einschränkung der Produktionsfähigkeit der Ökosysteme aufgrund von mangelnder Nährstoffverfügbarkeit und Recyclingfähigkeit zum Ausdruck kommen. So führt die Versauerung und damit verbundene Nährstoffarmut zu einer Verringerung der Populationsdichte, Artenverarmung und -verschiebung (z. B. bei der Makrofauna: Regenwürmer und Makroarthropoden).

[2] Eine ausführliche fachliche Klärung zur Bodenversauerung, Bodenacidität und Pufferung ist zu finden bei BONEKAMP (2006).

Es ist nur noch angepasste Flora und Fauna zu finden. Damit nimmt die Fähigkeit zur Zerkleinerung und Einmischung organischer Bestandteile der Streu ebenso wie die Zersetzung und Umwandlung des Stoffbestandes und Mineralisierung der gebundenen Nährstoffe ab. Es folgt eine Anreicherung bzw. Akkumulation der Auflagen, vom Moder bei Braunerden bis hin zur Humusform Rohhumus bei Podsolen, in welcher die Nährstoffe gebunden bleiben. Unter den sauren Bedingungen kommen anstatt von Bakterien- und Actinomycetenformen bei geringerer Acidität eher konkurrierende Pilzarten vor, die für einen geringeren Umsatz organischer Substanz sorgen. Durch Akkumulation der Humusauflagen und der dort gebundenen Nährstoffe und fortschreitender Versauerung des Mineralbodens verlagern sich das Edaphon und die Wurzelsysteme in die Oberböden und die Auflagen. Versauerung führt ferner zu erhöhter Aluminiumkonzentration in der Bodenlösung. Diese beeinträchtigt bzw. verringert die Durchwurzelung (im Unterboden) und stört die Funktionen im Wurzelsystem. Es kommt zu Nährstoffverlusten und somit einer gestörten Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln. Ein Beispiel dafür ist die Einschränkung des Feinwurzelwachstums und folgende Nadelvergilbung aufgrund eingeschränkter Magnesiumversorgung. Obwohl es gewiss auch direkte Schäden durch Luftschadstoffe auf den Wald gibt, wird die Waldschadenssymptomatik (Kronenverlichtung, Blatt- und Nadelvergilbung, Veränderung der Verzweigungs- und Kronenstruktur) inzwischen eindeutig auf Versauerung und damit zusammenhängender geringer Basenausstattung zurückgeführt. So kommt es z. B. zu einem erhöhten Auftreten von Waldschäden in exponierten Mittegebirgslagen mit hoher depositionsbedingter Säurebelastung. Die Versauerung wirkt sich auch auf die Keimung von Baumsamen und damit auf die Verjüngung von Wäldern aus. Außerdem sind in säure- und stickstoffbelasteten Waldökosystemen Veränderung der Krautvegetation hin zu Säurezeigern und Nitrophyten zu erkennen. Auch eine Veränderung der Qualität von Gewässern kann auf die Bodenversauerung zurückgeführt werden:

„*Fließpfaden im Untergrund oder dem oberflächennahen Abfluss folgend, können sich aus Böden ausgewaschene Mengen an potenzieller Acidität und versauerungsbedingte Veränderungen der Bodenlösung Lebensraumfunktionen von Oberflächengewässern sowie die chemische Qualität von Quellaustritten und des Grundwassers beeinträchtigen.*“ (SCHIMMING 2004.1, S. 310)

Bei pH-Werten von 5,3-4,3 treten bereits für Wasserorganismen toxische Aluminiumkonzentrationen auf. Mit der Versauerung von Böden geht eine Störung des Stoffaustausches zwischen den Böden und anderen Bestandteilen des Ökosystems einher.

„Demgemäß sind alle Maßnahmen zum Schutz der Böden vor verstärkten Verlusten an Säureneutralisationskapazität und dem Absinken des pH der Böden unter kritische Werte Eingriffe in die außerordentliche Komplexität der Selbstregulation stofflicher Relationen und Strukturen. Dahingehend ist der Schutz von Waldböden auf der Basis von Einzelmaßnahmen mit dem Ziel einer nachhaltigen Funktionalität des Ökosystems und höchstmöglicher Biodiversität, im engeren Sinne Artenvielfalt, nur schwer zu gewährleisten.“ (SCHIMMING 2004.2, S. 716).

Schutz vor Versauerung

Der Eintrag säurewirksamer Emissionen in Böden geschieht diffus und durch die Fernwirkung des Transports von Luftschadstoffen über die Ländergrenzen hinweg. Daher wird dem Schutz der Wälder vor Versauerung eine hohe Priorität auf der Ebene internationaler Vereinbarungen beigemessen.

Langfristig werden Vereinbarungen zu Luftreinhaltungen getroffen, kurzfristig greifen Kalkungs- und Düngungsmaßnahmen. Zur Minderung der atmosphärischen Depositionen wurde bereits 1975 ein Übereinkommen über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution) durch die UN-Wirtschaftskommision (UNECE) geschlossen. Die Konvention hatte die Aufgabe, Forschung und Politik zu verbinden. Verschiedene Gremien und Arbeitsgruppen stellten verschiedene Informationen über *„…die Wirkungen, Luftreinhaltungsstrategien und Minderungstechniken auf Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnis*“ (SCHIMMING 2004.2, S. 717) zusammen oder beschäftigten sich mit forstlichem Monitoring und dem Verständnis von Ursache-Wirkungsbeziehungen. Verschiedene Protokolle im Rahmen dieser Konvention regelten Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft in Bezug auf säurewirksame Schadstoffe sowie Ozon und andere schädlichen Verbindungen. Besonders hervorzuheben ist das Protokoll von Helsinki, das eine Reduzierung der Schwefelreduzierung bis 1993 von 50-60% in den einzelnen Ländern zur Folge hatte. Ein weiteres Protokoll von 1994 berücksichtigte die Einführung des Critical-Loads-Konzeptes.

„*Critical Loads sind die höchsten Belastungen, die langfristig zu keinen schädlichen Effekten im sensitivsten ökologischen System führt. Critical Loads sind die höchste Menge Belastung, die vom Ökosystem ohne Schädigung (besser: Beeinträchtigungen von Strukturen und Funktionen) toleriert wird“* (SCHIMMING 2004.1, S. 318).

Die internationalen Regelungen werden im nationalen Recht z. B. durch das Bundes-Emissionsschutzgesetz (BIMSCHG 2013) und dessen untergeordnete Verordnungen, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien umgesetzt. Als besonders wirksam bei der Reduzierung der Schwefelemissionen hat sich die Großfeuerungsverordnung gezeigt. Für die Reduktion von Ammoniakemissionen greifen in der Landwirtschaft das Düngemittelgesetz und die Düngemittelverordnung.

Um die Basenverluste durch die Versauerung in den Böden zu minimieren, werden dem Boden basische Stoffbestände zugeführt. Dadurch sollen Puffersysteme stabilisiert und die Pufferraten gesteuert werden. Ziel dieser Eingriffe ist es, die tolerierbare Bodenreaktion nicht zu unterschreiten. In der Landwirtschaft können die Basenverluste außerdem durch geschickte Bestandsführung, eine geeignete Fruchtfolge, den Anbau von Zwischenfrüchten, den gezielten Einsatz von Leguminosen zur Stickstoffbindung, und eine enge Hoftorbilanz eingeschränkt werden. Die geeignete Bestandführung und der Einsatz von bestandschonenden Ernteverfahren sind auch in der Forstwirtschaft wichtige Aspekte zur Minderung der Basenverluste. Der Verbleib der Ernterückstände im Bestand füllt die Nährstoffverluste durch den Einschlag wieder auf. Ansätze aus der traditionellen Plenterwirtschaft zielen auf eine Bewirtschaftung nach ökologischen Prinzipien, die auch bodenschonend wirken. Durch den Verzicht auf Kahlschlag werden ein verstärkter Humusabbau und die Stickstoffmineralisierung bei fehlender Vegetationsdecke vermieden. Weiterhin sollte der Einschlag außerhalb der Vegetationsperiode stattfinden, nachdem die Bäume die Nährstoffe in die Blätter verlagert und als Streu abgeworfen haben. So werden die Nährstoffe durch die Streu in den Boden zurückgeführt. Weitere der Versauerung vorbeugende Maßnahmen sind der verstärkte Anbau baumartenreicher

Wälder bzw. auch der Anbau von Laubbäumen anstatt der versauernd wirkenden Nadelgehölze. Kompensationskalkungen sind die Maßnahmen, die am kurzfristigsten greifen und mit dem Ziel eingesetzt werden, saure Deposotionen auf der Bodenoberfläche und die kumulierte Wirkung bereits erfolgter Säurebelastung zu kompensieren. Die Vorgehensweise und der Einsatz der Kalkungen kann in den Wäldern wie auch auf Äckern angewendet werden, wird in den verschiedenen Bundesländern aber sehr unterschiedlich umgesetzt. So werden in Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen oder Baden-Württemberg nicht nur Kalkungen durchgeführt, sondern auch Richtlinien und Merkblätter zur Bodenschutzkalkung veröffentlicht. In den Richtlinien werden Hinweise zu den Standorten gemacht, die gekalkt, und denen, die ausgenommen werden sollen. Außerdem gibt es Informationen über geeignete Zeiten der Ausbringung und die Eigenschaften verschiedener Kalke. In Schleswig-Holstein dagegen werden in landeseigenen Wäldern keine Kalkungen durchgeführt. Das Land setzt auf ökologisch ausgerichtete Nutzungsstrategien und die künftig erwarteten Senkungen der sauren Depositionen. Kalkungsmaßnahmen sind im Bundeswaldgesetz und in den Landeswaldgesetzen verankert. Gleichzeitig zu den Maßnahmen findet eine begleitende Forschung in Bezug auf die Wirksamkeit und die Ökosystemverträglichkeit der Kalke statt. Erfolge werden zurzeit mit der Ausbringung der Kalke durch Helikopter erzielt. So wurde

„die Neutralisation säurewirksamer Depositionen zu bestimmten Anteilen in den Kronenraum verlagert und in dem Maße den Mineralboden von überproportionaler Nährstoffaufnahme, Entkopplung von Stoffkreisläufen entlastet und wahrscheinliche schneller von weiterer Versauerung geschützt, als mit der Kalkausbringung auf den Boden möglich gewesen wäre.“ (SCHIMMING 2004.2, S. 720).

Als weitere positive Auswirkungen der Kalkung werden folgende Aspekte genannt:

- Eine verbesserte biotische Aktivität
- Eine Aktivierung der Regenerationspotentiale einer Regenwurmpopulation bei nicht allzu stark basenverarmten Böden
- Die Intensivierung der mikrobiellen Aktivitäten in der Humusauflage und im Oberboden und
- Die Erhöhung des Artenspektrums von Mykorrhiza

Es wurden aber auch einige negative Auswirkungen durch die Kalkungen beobachtet:

- Bei Aktivierung der Mineralisierung kann es zu erhöhter Nitratkonzentration kommen. Diese führt evtl. zu negativen Auswirkungen auf Mykorrhiza
- Verschiebung der Artenzusammensetzung, evtl. Verschwinden von Arten
- Bei erhöhter Kalkanwendung kann es zur Nitrifikation und zu einer Mobilisierung von Nitrat kommen, welches ins Grundwasser ausgewaschen werden kann. Damit einher geht
- ein verstärktes Auftreten von Nitrophyten

Auf landwirtschaftlich genutzten Böden werden Nährstoffverluste durch Düngung und Kalkung kompensiert. Der günstigste Boden-pH ist von der Zusammensetzung des Bodens abhängig, muss auch an der Fruchtfolge ausgerichtet sein. Im Gegensatz zur Forstwirtschaft ist in der Landwirtschaft

eine sehr schnelle Wirkung der Maßnahmen nötig. Dementsprechend werden Kalke mit anderen Eigenschaften, z. B. feinvermahlene und damit schnell lösliche Kalke eingesetzt.

3.5.3.2 Explikation BLUME

Je nachdem an welchen Funktionen der Forscher oder Betrachter interessiert ist, kann der Blick auf den Boden aus verschiedenen Perspektiven geschehen werden. Heute dominierend ist die Fachwissenschaft Bodenkunde als eigenständige Wissenschaft. Bodenkunde (Bodenwissenschaft) oder Pedologie wird von SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010, S. 1) als

„…Wissenschaft von den Eigenschaften und Funktionen sowie der Entwicklung und Verbreitung von Böden…“ beschrieben, die sich *„…mit den Möglichkeiten der Nutzung von Böden und den Gefahren, die mit ihrer Fehlnutzung durch den Menschen zusammenhängen sowie der Vermeidung und der Behebung von Bodenbelastungen…“* befasst.

Die Erkenntnisse der Bodenkunde werden häufig in anderen Wissenschaften wie der Ökologie, Geographie, Biologie usw. genutzt. Die Schwerpunkte der Betrachtung des Bodens können jedoch verschoben werden. So wird z. B. in der Bodengeographie der Blick auf die Bodensystematik und die Verbreitung bestimmter Bodentypen auf der Erde gelegt (z. B. EITEL, 1999). STAHR ET AL. (2008) wählen dagegen einen stärker geologisch ausgerichteten Ansatz mit Bezügen zu anderen bodenbildenden Faktoren, d. h., dass Böden vornehmlich als Umwandlungsformen der Ausgangsgesteine angesehen werden. Weitere Sichtweisen beschränken sich auf einzelne Bereiche des Bodens.

„Für den Geologen handelt es sich (beim Boden) um die verwitterte Schicht des Erdgesteins. Der Ingenieur legt Wert auf die Definition der physikalischen Charakteristik des Bodens, z. B. seine Verdichtbarkeit, seine Tragfähigkeit und seine Wasserpermeabilität.“ (BUCHWALD/ENGELHARDT 1999, S. 4).

Der ökologische als auch der biologisch-dynamische Landbau weichen mit ihren Konzepten stark von den naturwissenschaftlichen Denkweisen ab.

„Religiöse Verehrung der Erde und eine christlich-religiöse Auffassung der Rolle des Menschen sind ebenso Teil des inneren Bodens des Bioloandbaus wie die wissenschaftliche Bevorzugung der Biologie (einschließlich Vitalismus) und Ökologie gegenüber Chemie und Ökonomie“ (PATZEL/LINDENTHAL 2009, S. 1).

Diese Einstellungen zum „inneren Boden“ wirken sich durch die Umsetzung der Prinzipien auf den Umgang mit dem „äußeren Boden“ aus. PATZEL/LINDENTHAL stellen die spezifischen Ansätze in ihrem Aufsatz 2009 dar. Wichtige Aspekte sind z. B.

- die Verehrung von „**Mutter Erde**“ als spiritueller Gestalt und bewusstes Wesen,
- das Kreislaufprinzip, bei welchem die Bodenlebewesen eine bedeutende Rolle zwischen Wachstum und Absterben einnehmen. Von STÖCKLIN (1941, S. 1 zitiert nach PATZEL/LINDENTHAL 2009) werden *„möglichst geschlossene Kreisläufe“* gefordert.
- Der **Vitalismus**, der von der Existenz einer Lebenskraft ausgeht, die auch im Boden als lebendige Substanz zu finden ist. RUSCH (1968, S. 93) geht vom Boden als Organismus bzw. einer lebendigen Naturerscheinung aus, da er Charakteristika des Lebendigen zeigt wie: Nahrungsbedürfnis, Stoffwechsel, Atmung, Wärmeproduktion, er hat Organe wie Tiere usw.

Die Übertragung des Konzeptes Organismus kommt auch in der Bezeichnung gesunder und kranker Boden zur Geltung. Eine radikale Form des Vitalismus tritt in der Anthroposophie auf. Hier soll Boden durch wirkliche Stoffe mit „*geistigen Qualitäten verlebendigt*“ werden (PATZEL/LINDENTHAL 2009, S. 7).

- Die Bevorzugung der **Biologie** als Bezugswissenschaft, durch welche den **Bodenlebewesen** erst eine bedeutende Rolle bei der Bodenbildung zugesprochen wurde. DARWIN (1882), beschrieb in die „Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer“ als erster 1882 die Bedeutung der Regenwürmer bei der Bodenbildung. Andere Forscher untersuchten z. B. die Lösung von Nährstoffen aus dem Boden durch *„Wurzelexkretion“* oder die Bindung von Stickstoff durch *„lebensthätige Mikroorganismen“* (WILFARTH 1888 nach PATZEL/LINDENTHAL 2009, S. 8).
- **Ökologie und die Ganzheitlichkeit.** So wird das Betrachten der Dinge aus dem Ganzen heraus gefordert. Die Ökologie, die sich mit dem Zusammenleben in der Natur beschäftigt, wurde zur Leitwissenschaft der alternativen Landwirtschaft (PATZEL/LINDENTHAL 2009, S. 9). Dieser Anknüpfungspunkt führte in den 1990er Jahren zu einem Paradigmenwechsel im ökologischen Landbau und machte ihn salonfähig. Die Anerkennung in der breiten Bevölkerung, aber auch innerhalb der Staaten, nimmt seitdem stetig zu. Die Flächenanteile, auf denen nach den Prinzipien des ökologischen Landbaus gewirtschaftet wird, verfünffachten sich in den letzten zwanzig Jahren.

Das **Handbuch des Bodenschutzes,** herausgegeben von BLUME (2004) und BLUME ET AL. (2010), steht für die aktuellen, deutlich naturwissenschaftlich ausgerichteten, bodenkundlichen Grundlagen zum Boden, zur Bodendegradation und zum Bodenschutz. Ausgehend von den bodenkundlichen Erkenntnissen werden nacheinander die Eigenschaften des Bodens und vor allem seine Funktionen dargestellt und daraus die Schutzbedürftigkeit desselben abgeleitet. Anschließend werden die vielfältigen Belastungen, welche durch die Nutzung des Bodens durch den Menschen entstehen, einzeln behandelt. Der Schutz des Bodens wird thematisiert. Hierzu werden Gesetze und Verordnungen vorgestellt sowie Maßnahmen zur Reduzierung der Intensität der Bodenbelastung und Sanierungsmaßnahmen diskutiert. Die einzelnen Aspekte zu den verschiedenen Themen werden nacheinander abgehandelt. Eine ganzheitliche Betrachtung des Bodens, wie sie im ökologischen Landbau angestrebt wird, ist nicht gegeben.

Boden allgemein

Die unterschiedlichen Perspektiven auf den Boden finden sich bereits in der Definition des Begriffes Boden, aber auch in den einzelnen Kapiteln zu den Eigenschaften des Bodens oder der Bodenentwicklung wieder. Hier sollen nun die Aspekte dargestellt werden, die in anderen Quellen differenziert betrachtet werden:

- Boden bildet den **obersten Teil der Erdkruste** (BLUME 2004.1)**.** Diese Lage des Bodens ist unbestritten, in anderen Quellen wird aber auch von der *„natürlichen Oberfläche“* (STRAHLER/STRAHLER 2009, S. 383), von dem *„extrem dünnen, obersten belebten Bereich der Erdoberfläche“* (FAUST 2007) aber auch von *„der Haut der Erde“* oder der *„Bodendecke“* gesprochen.
- Boden **grenzt sich nach oben und unten hin zu den anderen Sphären ab** (BLUME 2004.1). Diese Sichtweise entspricht auch der in anderer grundlegender Literatur vorkommenden Beschreibung (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2010). Sie widerspricht aber anderen Darstellungen, in welchen Boden den Durchdringungsbereich bzw. den Durchdringungskomplex zwischen Lithosphäre und Atmosphäre darstellt, an welchem auch die Hydro- und die Biosphäre Anteile haben (STAHR ET AL., 2008; KUNTZE ET AL. 1994). Im Handbuch der Bodenkunde spricht STAHR (o.J. S. III) deshalb auch davon, dass Böden *„natürlich nicht durch Grenzen, sondern durch Übergänge miteinander verbunden“* sind.
- Böden sind durch **Prozesse der Bodenentwicklung unter dem Einfluss von bodenbildenden Faktoren** wie Klima, Relief, Flora, Fauna und Mensch entstanden (BLUME 2004.2). Es wird ein dynamischer Prozess beschrieben, der sich auf die Eigenschaften des jeweiligen Bodens auswirkt und weiterhin anhält. Boden wird als **abhängige Variable** und Produkt der unabhängigen bodenbildenden Faktoren geprägt und ist somit in seiner Entwicklung vom Standort abhängig. Diese Sichtweise kommt auch in der immer wieder zitierten Bodenbildungsformel nach Jenny (1941) zur Geltung (zitiert nach STAHR ET AL. 2008, S. 13):

  Boden = f(t) (Gestein x Klima x Relief x Flora x Fauna x Mensch)

  In der „Speziellen Geobotanik“ von POTT/HÜPPE (2007) wird zwar auch auf bodenkundliche Grundlagen zurückgegriffen, hier wird Boden selbst jedoch, neben dem Klima, zum Standortfaktor von Pflanzen, damit also zu einer **unabhängigen Variablen**. Pflanzen stellen in diesem Falle die abhängige Variable dar. LETHMATE (2005, S.118) verweist auf diesen Widerspruch in den einzelnen Disziplinen und bietet mit ULRICH (1988, S. 171) eine Lösungsmöglichkeit. Dabei sollten *„Flora, Fauna und Boden als Bestandteile eines einzigen Systems, des Ökosystems“* begriffen werden.
- Unter bodenbildenden Prozessen werden in BLUME (2004.2) Transformations- und Translokationsprozesse verstanden. Diese Aufteilung findet man im Allgemeinen in der gängigen Literatur wieder. STRAHLER/STRAHLER (2009, S. 391) und MCKNIGHT/HESS (2009, S. 469) dagegen erweitern dieses Konzept. Sie benennen vier Gruppen von bodenbildenden Prozessen. Die Umwandlung (z. B. Verwitterung) und die Umlagerung von Material innerhalb des Bodens von einem in einen anderen Horizont von Stoffen wird ergänzt durch:

- die Anreicherung bzw. das Hinzufügen von Material (Mineralisches Material durch Wasser oder Wind, organisches Material durch Ablagerung von Streu) zum Boden und
- die Abfuhr von Materialien wie z. B. durch Winderosion oder durch Auswaschung und Abtransport von Elementen oder Kolloiden mit versickerndem Bodenwasser.

- Böden werden als **Naturkörper** bezeichnet. BLUME (2004.2). Der Begriff Naturkörper findet sich auch in anderen Quellen wieder (STAHR ET AL. 2008, STRAHLER/STRAHLER 2009). Der Begriff wird aber nicht weiter definiert. Es ist nicht ersichtlich um welche Art von Körper es sich handelt, ob es nur um die Erstreckung in drei Dimensionen geht, oder ob dem Körper noch weitere Eigenschaften zugesprochen werden können wie z. B. dem menschlichen Körper. Im biologisch-dynamischen Landbau findet man dieses erweiterte Konzept vom Boden als Naturkörper. Boden wird als lebendiger Organismus betrachtet (s.o.), der z. B. auch gesund oder krank sein kann (PATZEL/LINDENTHAL 2009). STAHR (2009) erweitert das Konzept des Naturkörpers und nimmt die vierte Dimension, die Zeit hinzu. Dadurch wird die Dynamik, unter welcher Böden stehen, deutlicher.
- Böden werden von BLUME (2004.1, S.1) durch *„ihre Belebtheit bedingt“* als **Bestandteil von Ökosystemen** gesehen, nicht aber als eigenständige Ökosysteme ausgewiesen, wie bei KUNTZE (1994) oder KOEHLER (1999), der einen Buchbeitrag „Ökosystem Boden“ nennt. Auf die Schwierigkeiten dieser Abgrenzung machte bereits LETHMATE (2005, S. 117) aufmerksam. Er verweist darauf, dass ein wesentlicher Teil des Stoffabbaus vom *„Abfall“*, respektive der Streu der Pflanzen abhängt und Boden *„demnach nicht über das Merkmal einer gewissen stofflichen Autarkie“* verfügt. Boden wird daher als Teil eines Ökosystems bezeichnet.

  Im Handbuch des Bodenschutzes wird der Ökosystembegriff nicht weiter definiert. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010) aber charakterisieren Böden, wie auch Ökosysteme, als offene Systeme, in denen Stoffe und Energie zwar Kreisläufe vollziehen, diese aber nie ganz geschlossen sind. Somit unterliegen Böden

  „…der Zu- und Abfuhr von Stoffen sowohl natürlicher als auch anthropogener Herkunft – und stehen dadurch stofflich in enger Beziehung zu anderen Kompartimenten von Ökosystemen“ SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010, S. 5).
- Böden sind nach BLUME (2004.2) nach oben durch die Vegetation und die Atmosphäre und nach unten durch das Gestein begrenzt. Die verschiedenen bodenbildenden Prozesse können gleichzeitig und nacheinander ablaufen. Diese Eingrenzung des Bodens entspricht der Lehrmeinung der deutschen Literatur. MCKNIGHT/HESS (2009) teilen den Boden anders ein. Die nach unten durch das Gestein begrenzte und darauf aufliegende Schicht wird als Regolith bezeichnet und stellt die aus dem Gestein durch physikalische und chemische Verwitterung entstandene lockere Schicht anorganischen Materials dar. Als Boden wird nur der obere Anteil des Regoliths bezeichnet bis in die Tiefe, in die Lebewesen vordringen, Pflanzenwurzeln sich

ausbreiten und der einen beträchtlichen Anteil an organischer Substanz enthält. Diese Ansicht legt zeitlich nacheinander ablaufende Prozesse nahe, wobei die physikalische und chemische Verwitterung vor dem Einfluss der Zersetzung und Humifizierung ablaufen. Die Beschriftung zu einer Abbildung legt diese Vorstellung ebenso nahe:

„Das als Ausgangsmaterial dienende Untergrundgestein verwittert zu Regolith, mit dem sich dann im Wesentlichen pflanzliche Überreste zum Boden vermengen“ (MCKNIGHT/HESS 2009, S. 452).

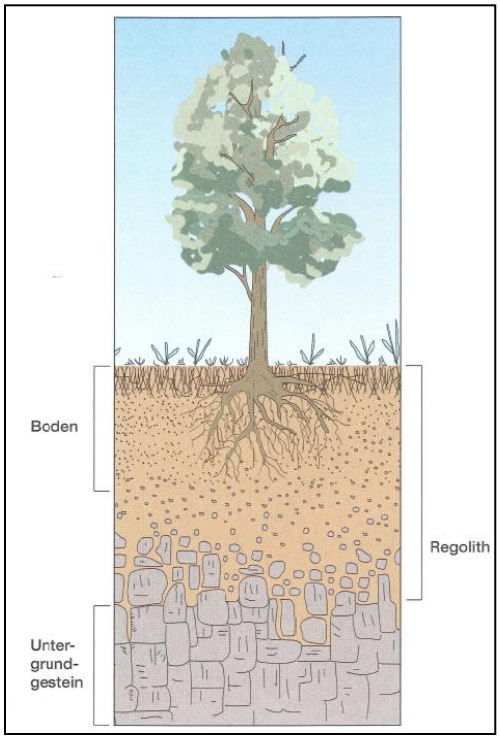

Abbildung 21: Vertikaler Schnitt durch den Boden von der Erdoberfläche bis in das Untergrundgestein, aus dem die Beziehungen zwischen Regolith und Boden ersichtlich wird (MCKNIGHT/HESS 2009, S. 453).

- Boden wird als **Dreiphasen-System** gesehen. Boden wird zwar nicht direkt als solcher benannt, es werden aber die jeweiligen Bestandteile des Bodens (Minerale und Humus, Luft und Wasser) genannt (BLUME 2004.1) und die Zusammensetzung aus fester, flüssiger und gasförmiger Phase als ausschlaggebend für die Landwirtschaft bezeichnet (HORN 2004.2). Auch STAHR (o.J.) und WITTIG/STREIT (2004) benennen eben diese Phasen als Teile des Systems Boden. OPP (2007) dagegen nimmt eine vierte Phase hinzu. Boden besteht für ihn aus den Systemelementen Festsubstanz, Bodenwasser, Bodenluft **und** Bodenlebewelt bzw. Edaphon. Auch für EITEL (1999) und FAUST (2007) gehören das Edaphon (Flora und Fauna) mit zur organischen Bodensubstanz. Diese sieht BLUME (2004.2) nicht als Bestandteil von Böden. Er sagt, Böden sind belebt. Sie dienen Flora und Fauna lediglich als Lebensraum.

Bodenfunktionen

Im Handbuch des Bodenschutzes werden die Eignung der Böden für unterschiedliche Funktionen auf verschiedene Bodeneigenschaften zurückgeführt und Kriterien für die Funktionserfüllung formuliert (BLUME 2004.1, 2004.3, TRAUTZ 2004). Aufgrund der ausgewiesenen Funktionen wird die Schutzwürdigkeit des Bodens abgeleitet. Dieser Ansatz ist allgemein akzeptiert. STAHR ET AL. (2008, S. 18) weisen nicht direkt Bodenfunktionen aus, sie formulieren Leistungsmöglichkeiten bzw. Potenziale von Böden. Diese werden in biotische und abiotische Potenziale und in Flächenpotenziale unterteilt. Biotische Potenziale stehen für alle Aufgaben, die mit dem Wachstum und Lebensraum von Pflanzen und Tieren zu tun haben. Dazu zählt neben der Arterhaltung auch die Produktion von Nahrungsmitteln, die Energiegewinnung und die Werkstoffproduktion. Zu abiotischen Potenzialen werden z. B. die Wassergewinnung, Filterung oder Pufferung von Stoffen aus der Atmosphäre gezählt. Das Flächenpotenzial spiegelt sich z. B. in Standflächen für den Verkehr oder für Erholungsfunktionen wider. Funktionen werden dann als die in Anspruch genommenen Leistungen definiert. Die Ausweisung von Potenzialen macht die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Böden deutlich und erhöht evtl. ein erleichtertes Herangehen an Interessenskonflikte um die Nutzung von Böden, die verschiedene Potenziale aufweisen, aber letztendlich nur eine oder wenige Funktionen erfüllen können. Werden Bodenfunktionen übernutzt, können die ursprünglich vorhandenen Potenziale zerstört werden. Bei dieser Diskussion wird auf jeden Fall deutlich, dass, egal ob Funktionen oder Potenziale, diese immer durch den Menschen formuliert sind und keinen normativen Charakter haben.

Gefährdung von Böden

Im Handbuch des Bodenschutzes werden Veränderungen und Belastungen von Böden ausgewiesen (BLUME 2004.1, 2004.5). So werden beabsichtigte Veränderungen und unbeabsichtigte bzw. unbewusste Veränderungen, die teilweise als Nebeneffekte der beabsichtigten Veränderungen auftreten, sowie natürliche und anthropogen bedingte Veränderungen unterschieden. Die Grenze zwischen Veränderungen und Belastungen zu ziehen, wird als schwierig angesehen und abhängig davon gemacht, ob sich die Veränderungen auf die Struktur bzw. die Eigenschaften von Böden oder auf die Bodenfunktionen beziehen. BLUME (2004.5) plädiert dafür, dass die Bodenschädigungen aus der Funktionserfüllung, nicht aber aus den Eigenschaften von Böden abgeleitet werden. Was genau unter Veränderung oder Belastung zu verstehen ist, wird nicht weiter definiert. Die UNEP und die EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (2002) dagegen benutzt zur Beschreibung von Veränderungen die recht eindeutigen Begriffe *„Verlust“* sowie *„Verschlechterung“* bzw. synonym dazu *„Degradation“* von Boden. GRAßL (1997) versteht unter Bodendegradation dagegen die Schädigung des Bodens bis hin zum totalen Verlust.

Im Kapitel 2 über die Veränderungen und Belastungen von Böden im Handbuch des Bodenschutzes werden 11 verschiedene Verluste, Veränderungen bzw. Beeinträchtigungen mit Unterpunkten und

Beispielen aufgezählt und behandelt (BLUME 2004). Eine vereinfachte Unterteilung ist nicht zu finden. Andere Autoren versuchen die verschiedenen Veränderungen übersichtlich zu strukturieren. So wird die Gefährdung der Bodenfunktionen im Lehrbuch der Bodenkunde (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2010) in stoffliche Belastungen (z. B. industrielle Emissionen, Ausbringen von Schlämmen) und nichtstoffliche Belastungen (z. B. Erosion, Befahren) unterteilt. HEBEL (1995) stellt die Gliederung der Typen der Bodendegradation in Bezug auf ablaufende Prozesse, die Verlagerung des Bodens und bodeninterne Verschlechterungen dar.

Von anderen Autoren akzeptiert ist die Vorgehensweise, die Kriterien für die Bodenschädigungen aus der Funktionserfüllung, nicht aber aus den Veränderungen der Bodeneigenschaften abzuleiten. Dies wird z. B. bei HEINE (1994) deutlich, der unter Bodenzerstörung u. a. die Unbrauchbar-Machung des Bodens versteht.

Bodenverdichtung

Bodenverdichtung stellt ein eigenes Unterkapitel im Handbuch des Bodenschutzes dar, in welchem die Ursachen, Prozesse, beeinflussende Bedingungen, Folgen, Ausmaß und der Schutz vor Verdichtung behandelt werden (HORN 2004.2). Im Handbuch der Bodenkunde dagegen wird Bodenverdichtung im Zusammenhang mit einem Vergleich von *„Bewirtschaftungssystemen und ihre Auswirkungen auf das Bodengefüge“* (KÖLLER/LINKE/LOIBL 2007, S. 1) gesehen. Dabei werden konventionelle und konservierende Landwirtschaft in ihrer Ausprägung, ihren Wirtschaftsweisen, den jeweiligen Vorteilen aber auch in den Auswirkungen auf physikalische und chemische Bodeneigenschaften, den Wasserhaushalt des Bodens, und letztendlich auf Flora und Fauna miteinander verglichen. Bodenverdichtung wird in einen größeren Zusammenhang gestellt, nicht aber als eigenes Kapitel ausgewiesen.

Die Verdichtung der Böden wird im Handbuch des Bodenschutzes vor allem auf die landwirtschaftliche Nutzung zurückgeführt und auch innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen beschrieben. Andere Ursachen lokal begrenzter Verdichtungen z. B. durch das ständige Betreten durch Fußgänger, Verdichtungen im Bereich der Stahlkanten von Skiern (FELLENBERG 1994) oder auch die Verdichtungen, die durch Maschineneinsatz in der Forstwirtschaft verursacht werden, werden nicht berücksichtigt.

Bodenerosion

Neben den auf bodenkundlicher Forschung beruhenden und geomorphologisch ausgerichteten Erkenntnissen zur Bodenerosion, wie sie im Handbuch des Bodenschutzes (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, HASSENPFLUG 2004.1) dargestellt sind, wird Bodenerosion von FELLENBERG (1994) und BREBURDA/RICHTER (1998) im Licht der Geschichte der Landnutzung gesehen. Sie führen die verstärkte Erosion auf die Abholzung von Wäldern zur Gewinnung von Holz als Rohstoff für Häuser, Schiffe und Heizmaterial und zur Gewinnung von Weideflächen und

Ackerland zurück. Damit wird die Bodenerosion nicht nur als Problem in der Landwirtschaft dargestellt, sondern im Zusammenhang mit dem Landschaftswandel gesehen, der *„mit dem Beginn des Ackerbaus etwa um 7000 v. Chr. in Vorderasien und Ägypten und seit etwa 4500 v. Chr. in Mitteleuropa“* beginnt (FELLENBERG 1995, 112). MORGAN (1999) stellt in seinem Buch „Bodenerosion und Bodenerhaltung“ ebenso wie im Handbuch des Bodenschutzes (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, HASSENPFLUG 2004.1) die bodenkundlichen Grundlagen umfassend dar, weist aber in einem eigenen Kapitel ausdrücklich auf die Notwendigkeit hin, sozio-ökonomische wie auch politische Rahmenbedingungen bei diesem Thema zu berücksichtigen. Ferner beschreibt er unterschiedliche Ansätze, die neben technischen Lösungen auch soziale und wirtschaftliche Bedingungen berücksichtigen. Außerdem stellt er verschiedene Instrumente wie Gesetzgebung, Beratungsarbeit oder finanzielle Unterstützung vor, um die Bodenerhaltung zu stärken. LESER/PRASUHN/SCHAUB (1998) fordern, die allgemeine Spezialisierung mit den separativen Ansätzen in einem geoökologischen Ansatz der Bodenerosionsforschung zusammenzuführen. Bodenschutz soll als Teil des Umwelt- bzw. Landschaftsschutzes angesehen werden, was nur durch einen integrativen Ansatz möglich ist, der *„möglichst zahlreiche Kompartimente des Umweltsystems bei Bestandsaufnahme-, Planungs- und Ausführungsmaßnahmen umfasst“* (LESER/PRASUHN/SCHAUB 1998, S. 97). Der geomorphologische Prozess „Bodenabtrag“ wird also mit dem Geosystem in der Landschaft in Beziehung gesetzt.

Im Handbuch des Bodenschutzes wird die Ursache der Bodenerosion vorwiegend in der Bodenbearbeitung im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung gesehen (FRIELINGSHAUS/DEUMILCH 2004, HASSENPFLUG 2004.1). Als aktuelle Ursachen ergänzen FELLBERG (1994) und LESER, PRASUHN/SCHAUB (1998) z. B. für die Bodenerosion an Berghängen die Erschließung von Skigebieten oder die Erosion auf unbefestigten Wander-, oder Forstwegen.

Bodenversauerung

Im Handbuch des Bodenschutzes werden Waldschäden und Gewässerversauerung als Folgen der Bodenversauerung verstanden (SCHIMMING 2004.1). Die Bodenversauerung ist aber nur eine von mehreren möglichen Ursachen der Waldschäden. Im Zusammenhang mit dem Thema Waldschäden bzw. Waldzustand ist anzumerken, dass Ammonium nicht nur zu Versauerung, sondern auch zu Eutrophierung führt. Daher müssten beide Phänomene gemeinsam betrachtet werden. Ergänzt werden könnten dann auch weitere Ursachen wie die Ozonbelastung, Pestizide oder Klimaextrema (WILD 1995, SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2010, SCHULTZE ET AL. 2002).

Geht man von den Emissionen und nicht von der Schadenssymptomatik aus, ist NH_3 zurzeit in Europa einer der wichtigsten versauernden Faktoren. In diesem Rahmen sollte dann ebenfalls die Eutrophierung mit bedacht werden (LETHMATE 2009.2).

Die Ausführungen im Handbuch des Bodenschutzes beziehen sich auf die Gefährdung der Bodenfunktion Puffer. Beim Vorgang des Austausches von Protonen und Kationen wird in diesem

Rahmen von der Säureneutralisationskapazität, Entkalkung, Entbasung und Tonmineralzerstörung gesprochen. Unter Säureneutralisationskapazität wird im Handbuch des Bodenschutzes die Summe aller Puffersubstanzen im Boden, die sich aus Erdalkalicarbonaten, Tonmineralen, Huminstoffen, Silikaten und Sesquioxiden zusammensetzen, verstanden. Diese Puffersubstanzen vermögen es, die in Böden gebildeten und über den Niederschlag eingetragenen Säuren zu neutralisieren (BLUME 2004, S. 125). SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010, S. 141-144) reden in diesem Zusammenhang von Kationenaustauschkapazität und beziehen sich auf den Boden als Pflanzenstandort. So wird z. B. die Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen durch die Bodenversauerung gefährdet oder es können durch den Kationenaustausch andere Ionen (z. B. Al^{3+} oder Fe^{3+}) in für die Pflanzen toxischen Konzentrationen auftreten. Weiterhin wird im Rahmen der Versauerung vom Rückgang der Bodenreaktion gesprochen. Bodenreaktion charakterisiert dabei die Protonen- (H+-) Konzentration im Boden und wird durch den pH-Wert ausgedrückt. Sie gibt an, ob der Boden eher sauer oder alkalisch reagiert (BLUME 2004, S. 19).

Im Handbuch des Bodenschutzes wird allgemein von säurewirksamen Luftschadstoffen gesprochen. Unterschieden werden freie und potenzielle Acidität und nasse und trockene Deposition. WILD (1995, 202-204) dagegen unterteilt drei Gruppen von Komponenten, welche Bodenversauerung verursachen können: im Regenwasser enthaltene Säuren, saure Gase und Säurebildner. Außerdem beschreibt er verschiedene Wege der Deposition aus der Atmosphäre: Niederschlag, trockene Deposition, Interzeptionsdeposition und Kronendurchlass, respektive Stammablauf.

Im Handbuch des Bodenschutzes wird darauf hingewiesen, dass keine eindeutige Zuweisung des Bodenzustandes zu Pufferbereichen möglich ist. Es werden Folgen auf die Bodenentwicklung, Abhängigkeit des Puffervermögens vom Stadium der Bodenentwicklung bzw. vom Bodentyp beschrieben.

In anderen Publikationen findet man eine dezidierte Ausweisung von Pufferbereichen des Bodens (BLÜMEL 1986) wie Carbonat-Pufferbereich, Silikat- Pufferbereich, Austauscher- Pufferbereich, Aluminium- Pufferbereich und Eisen- Pufferbereich mit entsprechenden Eigenschaften, Zuordnung der Pufferreaktionen und Folgen.

Sprache

Das Handbuch des Bodenschutzes ist charakterisiert durch eine sachlich, naturwissenschaftliche Sprache. Aber auch hier findet man Analogien zur Lebenswelt.

Boden als Körper

Wie auch beim WBGU (1994) wird Boden im Handbuch des Bodenschutzes als **(Natur-)Körper** (Bodenkörper, Humuskörper, Mineralkörper) verstanden. Als Körper ist Boden dreidimensional. Boden kann mit seiner Umgebung Stoffe, Energie und Informationen austauschen. Zu dieser Analogie gehört das Konzept der Poren. Wie die Poren des menschlichen Körpers oder auch Poren in Pflanzenblättern, sind die Poren im Boden für die Durchlässigkeit von Luft, Wasser und gelösten

Stoffen zuständig. Den Eigenschaften des Bodens werden verschiedene Funktionen zugeteilt, so wie den Extremitäten oder den Organen des Menschen oder einzelnen Pflanzenteilen Funktionen zugeschrieben werden. Verschiedene Kräfte und Einflüsse, die von außen auf den Menschen wirken, werden als Belastung benannt. Auch diesen Begriff findet man in Bezug auf den Menschen wieder. Menschen unterscheiden sich in ihrem Charakter und ihren Eigenschaften voneinander und werden als unterschiedliche Typen, z. B. als schräger Typ, bezeichnet. Böden, die sich in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden, werden entsprechend als Bodentypen bezeichnet. Unbedingt vom Bodentyp abzugrenzen ist der Begriff der Bodenart, der sich lediglich auf die Korngröße bezieht.

Weitere wichtige Begriffe

Die im Boden vorkommenden, meist mehr oder weniger horizontalen oder waagerecht verlaufenden Schichten, werden als Bodenhorizonte bezeichnet. Als Horizont wird im Alltag eigentlich die sichtbare Grenzlinie zwischen Himmel und Erde benannt. Dieses Konzept wird auf den Boden übertragen. Die Horizonte sind jedoch nicht immer durch eine deutliche Linie voneinander getrennt, sondern gehen teilweise ineinander über.

Der Begriff Puffer nimmt bei der Bodenversauerung eine zentrale Stellung ein. Unter Pufferung wird die Neutralisation von Säuren im Boden durch verschiedene Kationenaustauscher verstanden. Pufferung geschieht durch die Adsorption von Ionen[3]. Der Begriff Tragfähigkeit wird in Bezug auf die Bodenverdichtung genutzt und beschreibt die Auflast, die ein Boden tragen kann, ohne geschädigt zu werden.

Widersprüche, Brüche:

BLUME (2004.1) grenzt Böden nach unten durch Gestein und nach oben durch die Vegetation und die Atmosphäre ab. Im Kapitel „Böden als Landschaftssegmente“ dagegen spricht er davon, dass

„der von der Bodendecke eingenommene Raum (...) auch von anderen Ökokomponenten durchdrungen (wird): Die Pedosphäre ist ein Grenzphänomen von Atmo-, Bio-, Hydro-, Litho- und Anthroposphäre“ (BLUME/LAMP 2004, S. 59).

Böden als zentrale Komponente von Ökosystemen stehen mit diesen Sphären in Wechselwirkung von Stoff-, Energie- und Informationsflüssen. Die beiden Konzepte Abgrenzung und Durchdringung stehen sich hier gegenüber. Es wird auch nicht deutlich, ob die Grenzen zwischen Boden und Atmosphäre und Boden und Gestein bestehen, oder ob Boden als Grenze zwischen Gestein und Atmosphäre (Boden als Grenzphänomen von…) gesehen wird.

Boden wird im Handbuch des Bodenschutzes (BLUME 2004.1, 2004.2) eindeutig als Bestandteil von Ökosystemen betrachtet. Welche Konsequenzen sich aus dieser Einordnung ergeben, wird nicht deutlich. Es fehlen eine Ökosystemdefinition und die strukturellen als auch funktionalen Beziehungen bzw. Funktionen von Boden in Bezug auf das gesamte Ökosystem. Im Handbuch des Bodenschutzes werden die einzelnen Aspekte wie Boden als Pflanzenstandort oder Boden als Lebensraum von

[3] Weitergehende Begriffe können bei BONEKAMP (2006) nachgelesen werden, die ihre Forschungsarbeit der Klärung von Boden als Puffer gewidmet hat.

Organismen, aber auch die einzelnen Belastungen wie Verdichtung, Entwässerung, Düngung gesondert voneinander betrachtet. Eine Synthese hin zu einer ökosystemaren Betrachtung fehlt.
Etwas problematisch ist die Benutzung der Begriffe Bodenbildung und Bodenentwicklung. Es wird nicht ganz deutlich, ob die beiden Begriffe wie z. B. bei SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010, S. 273) synonym genutzt werden, oder ob es in ihrer Verwendung Unterschiede gibt. Das entsprechende Kapitel enthält die Überschrift „Entwicklung von Böden“ (BLUME 2004.2). Die profilbildenden Prozesse im Boden werden auch mit bodenbildenden Prozessen beschrieben. Das deutet darauf hin, dass unter Bodenbildung nur die Transformationsprozesse berücksichtigt werden. Aber diese *„bodenbildenden Prozesse werden durch die standortspezifischen Entwicklungsfaktoren bestimmt“,* wie Klima, Erdanziehung, Vegetation usw. (BLUME 2004.2, S. 23). Aus diesen Aussagen wird eine klare Differenzierung der Begriffe nicht deutlich.

3.5.3.3 Strukturierung BLUME

Boden

> Denkfigur: Oberster Teil der Erdkruste <

Böden bilden den obersten Teil der Erdkruste.

Abgrenzung: Böden sind nach unten durch das Gestein, nach oben durch Vegetation und Luft abgegrenzt.

> Denkfigur: Boden als Durchdringungsbereich <

Boden wird auch von anderen Ökokomponenten wie Wasser, Luft und Vegetation durchdrungen.

> Denkfigur: Bestandteil von Ökosystemen <

Böden sind Bestandteile von Ökosystemen. Sie stehen in Wechselbeziehung mit anderen Kompartimenten wie der Atmosphäre, Lithosphäre, Pedosphäre und der Biosphäre.

> Denkfigur: Boden als Naturkörper <

Der dreidimensionale Naturkörper Boden wird als Pedon bezeichnet.

Umwandlung: Boden entsteht durch Verwitterung und Zersetzung.

Bestandteile: Böden bestehen aus Mineralen, Humus, Luft und Wasser.

Gefüge: Minerale und Humus sind in einer bestimmten Weise im Raum angeordnet.

Poren: Zwischen den Bodenpartikeln befinden sich Hohlraumsysteme, die mit Wasser oder Luft gefüllt sein können.

Belebt: Böden sind belebt.

Horizonte: Böden gliedern sich in Horizonte, die sich in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden.

Bodenaufbau

Verschiedenheit der Böden: Böden sind durch den wechselnden Einfluss von Klima, Gestein, Relief und Vegetation verschieden.

> Denkfigur: Bodenhorizonte und Bodentypen <

Horizonte: Böden sind in Horizonte gegliedert, die den Bodenkörper bilden.

Eigenschaften der Horizonte: Die Eigenschaften der einzelnen Horizonte eines Bodens und verschiedener Bodentypen unterscheiden sich voneinander (z. B. Porengröße, Farbe…)

Bodenentwicklung: Die Horizonte sind im Verlauf der Bodenentwicklung entstanden. Verlagerungsprozesse wirken sich horizont-differenzierend aus.

Kennzeichnung: Die einzelnen Horizonte werden durch Groß- und Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Bodentyp: Einzelne Bodentypen weisen eine charakteristische Abfolge von Horizonten auf. Die verschiedenen Böden werden in einer Bodensystematik klassifiziert.

> Denkfigur: Gefüge und Poren <

Bodengefüge: Die unterschiedlich großen organischen und anorganischen Bestandteile des Bodens ordnen sich in einer bestimmten Weise im Raum an.

Kategorien: Je nach Form lassen sich die Gefüge in unterschiedliche Kategorien einordnen (Anlagerungsgefüge, Absonderungsgefüge…)

Poren: Das Bodengefüge verfügt über ein Hohlraumsystem mit unterschiedlich großen und geformten Poren. Poren werden der Größe nach unterteilt in Grob- Mittel- und Feinporen.

Entstehung der Gefüge/Poren: Die Art der Gefüge und die Größe der Poren hängt von der biologischen Aktivität, der Korngröße und der bodenbildenden Prozesse ab.

Bodenbestandteile

> Denkfigur: Dreiphasensystem <

Boden besteht aus einer festen (Minerale, Humus), einer flüssigen (Wasser) und einer gasförmige Phase (Luft).

Korngröße: Bodenpartikel weisen unterschiedliche Korngrößen auf und werden entsprechend unterschiedlich benannt (Ton, Schluff, Sand).

Minerale

Minerale: Minerale sind unterschiedlich groß und variieren in ihrer chemischen Zusammensetzung, Struktur und Form. Zu den Mineralen gehören Quarz, Si-Oxide, Silicate, Salze, Carbonate, Sulfide und Sulfate sowie Phosphate und Eisenoxide.

Tonminerale: Tonminerale sind sehr kleine Silikate.

Bedeutung Tonminerale: Die Tonminerale erhöhen die Oberfläche, an denen Kationen ausgetauscht werden können.

Humus

Humus: Als Humus wird nur die tote organische Substanz bezeichnet. Lebende Organismen und Pflanzenwurzeln gehören nicht zum Humus.

Huminstoffe: Darunter sind alle braun bis schwarz gefärbten organischen Kolloide zu verstehen. Sie werden in Humine, Huminsäuren und Fulvosäuren untergliedert.

Bedeutung der Huminstoffe: Huminstoffe bieten eine große Oberfläche für den Kationenaustausch und haben eine besondere Bedeutung für die Wasserbindung.

Lage: Der Humuskörper liegt dem Mineralkörper auf. Hier sind in den oberen Lagen eher Streu, nach unten hin eher Huminstoffe zu finden. Auch im A-Horizont sind noch Streu- und Huminstoffe enthalten.

Ton-Humus-Komplexe: Tonminerale und Humus können sich miteinander zu Ton-Humus-Komplexen verbinden.

Humusformen: Je nach Bodentyp treten auch im Humus verschiedene Formen auf (Rohhumus, Mull, Moder)

Bodenwasser

Poren: Die Poren sind mit Wasser oder Luft gefüllt.

Ionengehalt im Wasser: Das Bodenwasser enthält verschiedene Ionen aus dem Regenwasser oder aus anthropogenen Verschmutzungen.

Ionenzusammensetzung variiert: Die Ionenzusammensetzung kann sich durch Ionenaustausch, Fällung oder Lösung sowie Pflanzenentzug verändern.

Bodenentwicklung

> Denkfigur: Boden als Umwandlungsprodukt <

Boden entwickelt sich in Abhängigkeit von unterschiedlichen Faktoren durch bodenbildende Prozesse aus dem Ausgangsgestein. Die bodenbildenden Prozesse werden in Transformationsprozesse und Translokationsprozesse unterteilt, die sich horizontdifferenzierend, teilweise aber auch horizontverwischend auswirken. Außerdem wird die Gefügebildung mit zur Bodenentwicklung gezählt (siehe oben).

> Transformation <

Transformation = Verwitterung und Zersetzung: Unter Transformationsprozessen werden Prozesse verstanden, bei denen eine Umwandlung des Materials (Gestein, Streu) stattfindet. Hierzu gehören die physikalische, chemische und biologische Verwitterung, die Zersetzung und Humifizierung.

Einflussfaktoren auf die Verwitterung: Verschiedene Faktoren wie Temperatur, Wassergehalt oder Kohlensäurekonzentration wirken sich auf die verschiedenen Verwitterungsarten verstärkend oder abschwächend aus.

Zersetzung und Humifizierung: Abgefallene Streu wird von Bodenlebewesen zerkleinert und von Mikroorganismen zur Verwesung gebracht.

- *Vollständiger Abbau - Zersetzung:* Ein Teil der Streu wird vollständig in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Es kommt zur Freisetzung von Nährstoffen.
- *Humifizierung*: Bei einem kleinen Teil der Streu findet nur ein unvollständiger Abbau in Huminstoffe statt. Es kommt zur Immobilisierung von Nährstoffen und zur Erhöhung des Wasser- und Nährstoffbindevermögens.

Intensität der Zersetzung und Humifizierung: Intensität der Zersetzung und Humifizierung hängt von der biologischen Aktivität im Boden ab. Diese verändert sich aufgrund der gegebenen Temperatur, Luftzufuhr und des Nährstoffangebotes. So kann es zu stärkerer Zersetzung oder zur Anreicherung von Humus kommen.

> Translokation <

Unter Translokationsprozessen versteht man die Verlagerung von Substanzen im Boden mit dem Wasserstrom oder durch Bodentiere. Aus der Translokation resultiert die Bildung der Bodenhorizonte. Hierzu gehören: Lessivierung, Podsolierung, Vergleyung, Pseudovergleyung, aber auch die Horizontverwischende Bioturbation.

> Bodenbildende Faktoren <

Boden bildet sich in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein unter dem Einfluss von Klima, Vegetation, Bodenorganismen, (Grund-) Wasserverhältnissen und der Nutzung durch den Menschen.

Bodenfunktionen

> Denkfigur: Bodenfunktionen <

Böden übernehmen Funktionen, die für Menschen, aber auch für Tiere und Pflanzen von Bedeutung sind.

Schutzwürdigkeit der Böden: Die Schutzwürdigkeit der Böden wird von den vielfältigen Funktionen abgeleitet, die sie innehaben können.

Bodeneigenschaften: Die Bodenfunktionen sind durch die Bodeneigenschaften bestimmt.

Benennung der Bodenfunktionen:

- Landschaftsgeschichtliche Urkunde
- Wasser- und Schadstoffspeicher
- Filter (mechanische Rückhaltung), Puffer (Adsorption) und Transformator (chemische Bindung und biologischer Abbau)
- Lebensraum für Tiere und Pflanzen
- (Nutz-)Pflanzenstandort
- Erholungsfunktion
- Flächenfunktion (Baugrund, Lagerstätte)

Veränderungen und Belastungen von Böden

> Denkfigur: Natürliche Veränderungen und Belastungen <

Grundsätzlich sind alle beschriebenen Veränderungen oder Belastungen auch als natürliche Vorgänge möglich.

> Denkfigur: Veränderung und Belastung durch Nutzung <

Durch menschliche Nutzung des Bodens oder Eingriffe in den Boden finden schädigende Prozesse schneller oder intensiver statt.

Beabsichtigte Veränderungen: Diese Veränderungen sind vom Menschen gewollt.

Unbeabsichtigte Veränderungen: Es handelt sich um unbewusste Veränderungen, die teilweise auch als Nebeneffekte von beabsichtigten Veränderungen auftreten können.

Kriterien der Bodenschädigung: Die Kriterien der Bodenschädigung werden aus der Funktionserfüllung, nicht aber aus den Bodeneigenschaften abgeleitet.

Bodenverdichtung

> Denkfigur: Bodenverdichtung als Verformung <

Bodenverdichtung wird als Verformung des Bodens durch die Überschreitung des Scherwiderstandes definiert.

Prozess

Verformung: Boden wird durch mechanische Belastung verformt. Diese setzt sich aus der gleichzeitig stattfindenden statischen Belastung und der Scherung zusammen.

Statische Belastung: Diese wirkt komprimierend auf die Höhe des Bodenprofils aus.

Scherung: Bei der Scherung werden einzelne Bodenvolumina gegeneinander verschoben.

Vorbelastung: Unter Vorbelastung wird die Eigenfestigkeit des Bodens verstanden, die durch seine Vorgeschichte geprägt ist. Sie gibt an, bis zu welcher Auflast keine weiteren Bodenverformungen auftreten.

Abnahme des Porenvolumens: Durch die Verformung nimmt das Porenvolumen im Boden ab.

Einflussfaktoren: Das Ausmaß der Verformung ist abhängig von der Eigenfestigkeit des Bodens sowie der auf den Boden einwirkenden Belastung. Die Eigenfestigkeit des Bodens wiederum ist abhängig von der festen, flüssigen und gasförmigen Zusammensetzung des Bodens.

Beabsichtigte Verdichtung: Es handelt sich um eine gezielte Rückverdichtung, um den Ansprüchen der Pflanzen gerecht zu werden.

Unbeabsichtigte Verdichtung: Es findet eine ungewollte Veränderung des Bodengefüges statt.

Ursachen

Befahren: Das Befahren mit schweren Maschinen und ein zu hoher Schlupf werden als Ursache für die Bodenverdichtung gesehen.

Großvieheinheiten: Eine zu große Anzahl an Großvieheinheiten wird ebenfalls als Ursache für die Bodenverdichtung genannt.

Ungünstiger Bearbeitungszustand: Ein weiterer Grund für die Bodenverdichtung ist die Bearbeitung des Bodens in einem ungünstigen Zeitraum.

Bedingungen

Bodeneigenschaften: Das Ausmaß der Bodenverdichtung wird durch die Bodeneigenschaften (Feuchtigkeit, Korngrößenzusammensetzung/Tongehalt, räumliche Ausrichtung der Poren, Verklebung der Porenwände, Vegetation, Ionenkonzentration…) beeinflusst.

Gewicht: Das Ausmaß der Bodenversichtung ist abhängig vom auflastenden Gewicht. Die Verdichtung steigt mit ansteigendem Kontaktflächendruck auf die gleiche Fläche.

Häufigkeit: Das Ausmaß der Bodenverdichtung steigt mit der Häufigkeit der Befahrung.

Fläche, auf die der Druck wirkt: Bei gleichem Kontaktflächendruck und größerer Fläche nimmt die Verdichtung in größere Tiefen zu.

Folgen

Komprimierung: Der Boden wird bis in große Tiefen komprimiert durch:

- Abnahme der Höhe des Bodenprofils
- Abnahme des Porenvolumens

bei:

- Erhöhung der Masse
- Erhöhung der Eigenfestigkeit
- Erhöhung der Tragfähigkeit

Homogenisierung: Durch die Scherung werden Bodenaggregate zerstört und vollständig homogenisiert.

Folgen der Komprimierung:

Abnahme des Porenvolumens: Verschiebung der Grobporen zugunsten der Mittel- und Feinporen. Die Veränderung des Porenvolumens hat Auswirkungen auf andere Teile des Bodens:

- *Fauna:* Tiere werden zerquetscht und/oder die Verdichtungen können nicht mehr von den Tieren durchstoßen werden.
- *Lufthaushalt:* Der Gasaustausch wird behindert. Es kommt zu Sauerstoffmangel und damit zu anaerobem Stoffwechsel. Die Stoffwechselprodukte sind giftig für andere Bodenorganismen.
- *Wurzelraum:* Der Wurzelraum wird durch die Verdichtung reduziert. Selbst wenn der Boden durch Pflügen aufgelockert wird, bleiben die Bodenaggregate dicht. Sie werden von den Wurzeln nur noch umwachsen. Es kommt zu Ertragseinbußen in der Landwirtschaft.

Folgen der Einregelung der Poren:

- *Erosionsanfälligkeit:* Porensysteme werden verstärkt horizontal ausgerichtet. Es kommt zu verbesserter lateraler Wasserleitfähigkeit, aber zu erschwerter Infiltration und erhöhtem Oberflächenabfluss. Die Erosionsanfälligkeit steigt vor allem auf abschüssigem Gelände.

- *Verlangsamter Transport von Schadstoffen:* Schadstoffe werden durch die verminderte Wasserdurchlässigkeit langsamer abtransportiert und sammeln sich im Boden.
- *Stauende Nässe* führt zu:
    - *Erhöhter Wärmekapazität:* Die Böden erwärmen sich aufgrund der stauenden Nässe (Wasser kann nicht abgeleitet werden) und damit länger anhaltender Feuchtephasen, kühlen aber auch langsamer wieder ab. Das hat Auswirkungen auf die Vegetationsperiode. Außerdem werden Frostwirkungen und damit die natürliche Auflockerung geringer.
    - *Reduktionserscheinungen:* Reduktionserscheinungen durch Sauerstoffmangel werden durch stauende Nässe noch verstärkt.

Kritische Bereiche: Es werden verschiedene kritische Bereiche ausgemacht, die v. a. auf ein häufigeres Befahren zurückzuführen sind: die Pflugsohle, die Pflegespur und das Vorgewende.

Schutz

Um den Boden vor Bodenverdichtung zu schützen, muss eine Verringerung der Belastung vorgenommen werden. Dies ist mit unterschiedlichen technischen und betriebswirtschaftlichen Maßnahmen zu erreichen.

- *Verringerung der Fläche:* Es kann mit einer größeren Arbeitsbreite der Maschinen gearbeitet werden.
- *Gleichzeitiger Arbeitseinsatz:* Es soll mit verschiedenen Arbeitsgeräten gleichzeitig bei einer Befahrung gearbeitet werden.
- *Spurlockerung*: Die Spuren sollen mit der Bearbeitung im gleichen Arbeitsgang gelockert werden.
- *Bearbeitungszeitraum*: Die Bearbeitung des Bodens soll an die Zeiten mit der besten Tragfähigkeit des Bodens angepasst werden. Boden soll nach der Ernte Zeit zum Abtrocknen haben.
- *Gewicht reduzieren:* Häufigeres Abladen der Ernte führt zu geringerem Druck
- *Anpassung der Fruchtfolge an Bodenverhältnisse*
- *Verzicht auf die Pflugfurche*
- *Fahren außerhalb der Furche beim Pflügen*
- *Variation der Pflugtiefe*

Bodenerosion

> Denkfigur: Bodenerosion als Verlagerung von Bodenteilchen <

Durch menschliche Eingriffe ermöglichter/verstärkter und durch die Kraft von Wind und Wasser ausgelöster Prozess der Verlagerung von Bodenpartikeln.

Verlagerung: Abtrag und abschließende Ablagerung von Boden.

Natürlicher Prozess: Prozess, der nach Naturgesetzen abläuft.

Beeinflussende Faktoren: Bodenerosion läuft an jedem Hang/auf jedem Feld unterschiedlich ab und ist abhängig von den die Erosion beeinflussenden Faktoren.

Wassererosion

> Denkfigur: Geomorphologischer Ansatz <

Linienhafte Erosion: Verlagerung von Bodenpartikeln in Rinnen oder Gräben.

Flächenhafte Erosion: Bodenpartikel werden flächenhaft in Gefällerichtung verlagert.

Akkumulationsformen: Sedimente werden am Ende eines Erosionssystems abgelagert.

Austrag/*Eintrag*: Bodenpartikel werden aus dem Erosionssystem z. B. in Vorfluter eingetragen.

Ursachen

Rodung der Wälder und anschließende unangepasste Landnutzung.

Prozesse

Splash: Regentropfen fallen auf den Boden, zerstören Bodenaggregate und schleudern Bodenteilchen hoch.

Verschlämmung: Poren an der Oberfläche werden durch die feinen Bodenpartikel verstopft.

Abfluss und Abtrag: Losgelöste Teilchen werden durch den Regen mitgerissen und abtransportiert.

Sedimentation: Bei Verringerung der Hangneigung und damit abnehmender Fließgeschwindigkeit werden Bodenteilchen wieder abgelagert.

Sortierung: Erst werden grobe Teilchen sedimentiert, später die feineren.

Eintrag: Feinere Bodenpartikel können auch mit dem Abflusswasser in Gewässer eingetragen werden.

Bedingende Faktoren

Erosivität der Niederschläge: Langanhaltende Niederschläge müssen eine bestimmte Höhe und Intensität haben, um Erosionsprozesse auszulösen.

> Denkfigur: Erodierbarkeit <

Hangbeschaffenheit: Die Hanglänge, die Hangform und die Neigung der Hänge beeinflussen die Stärke der Erosion besonders. Längere und steilere Hänge und Dellen und Mulden, in denen sich Wasser sammeln, kann erhöhen die Erosionsanfälligkeit.

Korngrößenzusammensetzung: Je höher der Anteil an Feinsand und Schluff, desto höher ist die Erosionsanfälligkeit. Ton und Humus dagegen erhöhen die Stabilität des Bodens.

Kalk: Je höher der Kalkgehalt, desto stabiler ist der Boden gegen Erosion.

Mikrobielle Aktivität: Je höher die mikrobielle Aktivität, desto stabiler ist der Boden gegen Erosion.

Vegetationsbedeckung: Zunehmende Vegetationsbedeckung schützt den Boden vor Erosion. Wald und Grünland sind weniger erosionsanfällig als Ackernutzung.

Wasseraufnahmefähigkeit und –durchlässigkeit: Boden mit großen Poren oder einer großen Oberflächenrauigkeit verringern das Erosionsrisiko, verdichtete Bereiche steigern die Erosion durch verstärkten Oberflächenabfluss.
Bodenfeuchte: Ein wassergesättigter Boden kann kein Wasser mehr aufnehmen und erhöht das Erosionsrisiko.

Folgen

> Denkfigur: Erosionssystem <

Das gesamte Erosionssystem wird mit Abtrags-, Transport- und Akkumulationsflächen betrachtet.
Flächeninterne oder *Onsite-Erscheinungen*: Auswirkungen innerhalb des Erosions- bzw. Austragungsbereichs.
Flächenexterne oder *Offsite-Erscheinungen*: Auswirkungen außerhalb der Erosions- bzw. Austragungsflächen, z. B. in andere Ökosysteme oder infrastrukturelle Anlagen.

> Flächeninterne oder Onsite-Schäden (siehe oben) <

- *Schäden an Pflanzen* z. B. Verletzung, Entwurzelung, Überdeckung, Vernichtung.
- *Erschwerte Bearbeitung* der Felder durch Erosionsrinnen.
- *Wegspülen* von Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.
- *Verlust* an durchwurzelbarer Bodensubstanz.
- *Verarmung* an Humus und Pflanzennährstoffen.
- *Reduzierung/Verlust der Bodenfunktionen:* Vermindertes Wasserspeicher-, Filter-Puffervermögen, Minderung der Ertragsfähigkeit.

> Flächenexterne oder Offsite-Schäden (siehe oben) <

- *Einträge:* Akkumulation und Konzentration von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in benachbarte Ökosysteme, auch Gewässer. Verschiebung der Stoffhaushalte.
    - *Gewässereutrophierung* von Seen, Flüssen, Meeren.
- *Verschmutzung* von Straßen und Gräben.

Schutz vor Bodenerosion

> Denkfigur: Potenzielle Gefährdung <

Die potenzielle Gefährdung ergibt sich durch die Verknüpfung der standortspezifischen Belastbarkeit, der Belastung der Böden durch die Landnutzung und die Vegetationsbedeckung.
Standortspezifische Belastbarkeit: Bewertung des Standortes nach Erodierbarkeit, Hangneigung, lokalen Gefährdungsbereichen und langfristiger Landnutzung.
Aktuelle Landnutzung: Bewertung der agrarischen Landnutzung hinsichtlich der Risiken der Wassererosion.

Konkrete Maßnahmen

Anschließend an die Bewertung der Gefährdung der Böden und an Messungen an Einzelfällen werden Maßnahmen durch gute fachliche Praxis vorgeschlagen.

Gute fachliche Praxis: Bodenschonende Bewirtschaftungsweisen und Erhöhung der Bodenbedeckung mit Pflanzen oder Pflanzenrückständen.

Technische Schutzmaßnahmen greifen, wenn gute fachliche Praxis nicht ausreicht, z. B. Hanglängenverkürzung, Konturwälle, Verfüllen von Rinnen, Terrassierung, Abführen des Hangwassers usw.

Winderosion

Agrarlandschaft als offenes System: In diesem System kommt es zum Austausch an Energie und Masse.

Formen im Abtragungsgebiet: Deflationswannen, Sandschliff, Steinsohlen.

Formen im Ablagerungsgebiet: Flugsand, Sandfahnen, Dünen, Lössablagerungen.

Merkmale

Abgrenzung Wassererosion: Die erodierbaren Teilchen sind kleiner, die kritische Geschwindigkeit des Windes ist größer als bei der Wassererosion.

Richtung der Verlagerung: Die Verlagerung der Teilchen erfolgt in verschiedene Richtungen entsprechend der Windrichtung auch gegen das Gefälle.

Prozesse der Winderosion

Saltation: Bodenteilchen werden durch turbulenten Wind in die Luft gerissen, in Schichten höherer Windgeschwindigkeit transportiert und fallen wieder auf den Boden zurück. Bodenteilchen sind zwischen 0,05 und 0,2mm groß.

Bodenlawine: Zurückfallende Teilchen zerschlagen die Bodenaggregate, schleudern weitere Teilchen in die Höhe, verstärken den Effekt der Saltation und lösen eine Bodenlawine aus.

Kriechen/Rollen: Größere Bodenteilchen (ca.0,2-0,5 mm groß) sind zu schwer für die Saltation. Sie werden von den durch Saltation bewegten Körnern angestoßen und zum Kriechen oder Rollen gebracht. Bewegte Körner werden durch Vegetation oder auch Gräben aufgehalten und lagern sich ab.

Suspension: Kleine Teilchen (< 0,05mm) werden durch turbulenten Wind in die Höhe gerissen und aufgrund ihres geringen Gewichtes über weite Entfernungen schwebend transportiert.

Sortierung: Unterschiedlich schwere Teilchen werden durch den Wind unterschiedlich weit transportiert.

Bedingungen/Beeinflussende Faktoren

> Denkfigur: Erodierbarkeit des Bodens <

Die Erodierbarkeit des Bodens ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

Gestalt des Geländes: Durch den Lawineneffekt nimmt die Erosion mit der Länge des Feldes zu.
Korngröße: Teilchen mit einer Korngröße von 0,1-0,5 mm (Fein- und Mittelsande) werden am leichtesten erodiert. Größere Teilchen werden aufgrund des Gewichtes und kleinerer Teilchen (Schluff, Ton, Humus), aufgrund von kohäsiver Bindung durch Wasserfilme, oder weil sie im Windschatten der größeren Partikel liegen, nur von höheren Windgeschwindigkeiten erodiert. Außerdem fördern Ton und Humus die Aggregierung des Bodens.
Krustenbildung vermindert das Erosionsrisiko.
Rauigkeit des Bodens vermindert das Erosionsrisiko. Flächenhafte Rauigkeit wird durch Vegetationsbedeckung erreicht, linienhafte Rauigkeit durch Windschutzhecken oder –zäune.

> Denkfigur: Erosivität des Klimas <

Windgeschwindigkeit:

- Je höher die Windgeschwindigkeit, desto mehr Teilchen (auch größere und kleinere) können bewegt werden.
- Je höher die Windgeschwindigkeit, desto weiter werden die Bodenpartikel, auch über die Feldgrenze hinaus, transportiert und abgelagert.

Trockenheit und Kälte: Aufgrund von Trockenheit und Kälte fehlt die schützende Vegetationsdecke, was zu verstärkter Erosion führt
Hindernis: Hindernisse wie Vegetation oder Windschutzzäune bremsen den Wind. Diese und andere windberuhigte Zonen, wie Gräben oder Senken, führen zur Ablagerung der Teilchen.
Hohe Erosivität erfolgt durch hinreichende Windgeschwindigkeit und geringe Luftfeuchtigkeit.

Folgen

Auswehungsbereich

Allgemeine Veränderungen

- *Verarmung:* Verarmung des Bodens an Schluff, Humus, Nähr- und Düngestoffen durch Auswehung feiner Bodenpartikel.
- *Verkürzung des A-Horizontes* durch den Abtrag
- Ausbildung von *Steinpflastern*
- *Freilegung der Saat*

Auswirkungen auf Landwirtschaft und Organismen

- *Windschliff*: Pflanzen werden durch Windschliff geschädigt.
- *Freilegung von Wurzeln:* Pflanzenwurzeln werden durch den Abtrag des Bodenmaterials freigelegt.
- *Düngung:* Nährstoffverluste müssen durch weitere Düngung ausgeglichen werden.
- *Wasserkapazität und Nährstoffauswaschung:* Verlust von Ton und Schluff führen zu einer verminderten Wasserkapazität und zu erleichterter Nährstoffauswaschung.

➢ *Ertragssicherheit wird gemindert*

- *Grundwasser wird belastet*

Ablagerungsbereich

Akkumulation: Teilweise mächtige Ablagerungen und Überschüttungen.

- Strukturverschlechterung des Bodens bei Einarbeiten der Sandauflagen.
- Pflanzen gehen durch die Überdeckung ein oder sind in ihrer Entwicklung verzögert.

Eintrag von Nähr- und Düngestoffen ist problematisch bei naturschutzbedeutenden Standorten wie Mooren oder Magerrasen.

Ertragsabnahme: Abnahme des Ertrages durch die Zufuhr reiner Sande.

Kosten für Reinigung: Bei Überschüttungen von Gräben oder Straßen entstehen Kosten, um Ablagerungen wegzuräumen.

Erfassung der Winderosion

Auswertung von Satelliten- und Luftbildern und Kartierungen mit Unterstützung von GIS.

Messungen im Gelände und im Windkanal.

Schutz vor Bodenerosion

Ziel: Die Bodenerosion soll unter der Bodenneubildungsrate gehalten und ein Eintrag in andere unerwünschte Standorte vermieden werden.

Minderung der Erosivität des Windes: Die Windgeschwindigkeit wird durch Windschutzhecken oder –zäune herabgesetzt. Der beste Schutz gelingt durch ein Netz an Windschutzhecken, bei welchem die Hecken quer zueinander verlaufen.

Minderung der Erodierbarkeit des Bodens: Die Bodenstabilität soll durch verschiedene Maßnahmen erhöht werden.

- *Ausrichtung der Felder:* Die Längsachsen der Felder sollen quer zur Hauptwindrichtung liegen.
- Das Absinken des *Grundwasserspiegels* in der Trockenzeit und das damit verbundene Austrocknen des Bodens soll durch Rückstaumöglichkeiten beim Entwässerungssystem verhindert werden.
- Die *Bodenrauigkeit* soll durch die Bearbeitung der Felder quer zur Windrichtung erhöht werden.
- *Humusbildung:* Durch das Einarbeiten von Ernterückständen oder organische Düngung soll die Erosionsstabilität gefördert werden
- *Bodenbedeckung:* Fruchtfolgen mit hoher Bodenbedeckung sollen gefördert werden.
- ? *Synthetischer Polymere:* In Zukunft werden synthetische Polymere eingesetzt, die eine aggregierende Wirkung auf den Boden haben.
- *Aufforstung:* Grenzertragsböden sollten aufgeforstet werden.

Bodenversauerung

Merkmale zunehmender Bodenversauerung:

- *Verlust der Säureneutralisationskapazität:* Im Boden gebildete und eingetragene Säuren können nicht mehr neutralisiert werden.
- *Rückgang der Bodenreaktion:* Absenken des pH-Wertes, d. h., dass die *Protonenkonzentration* im Boden bei unvollständiger Pufferung erhöht wird.
- *Entbasung* oder *Aluminisierung* des Bodens: Basische Kationen (z. B. Ca^{2+}, Mg^{2+} oder Al^{3+}) werden durch Protonen ausgetauscht.

Ursachen

Versauerungsfördernde Formen der Bodennutzung sind z. B. die Streunutzung von Wäldern, Waldweiden, Kahlschlag von Wäldern mit folgender Verheidung.

> Denkfigur: Deposition säurewirksamer Luftschadstoffe <

Säurewirksame Luftschadstoffe sind SO_2 und NO_X und NH_3. Diese werden so oder als Umwandlungsprodukte auf dem Boden abgelagert.

Emittenten:

- Verbrennung von Kohle, Erdöl oder bei industriellen Prozessen (SO_2)
- Verbrennungsmotoren des Kraftfahrzeugverkehrs (NO_X)
- Intensive Tierhaltung (NH_3)

Räumliche Verteilung: Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Verteilung der Emittentengruppen ergibt sich auch eine unterschiedliche räumliche Verteilung der Depositionen. Außerdem werden die Luftschadstoffe aufgrund ihrer unterschiedlichen Verweilzeit in der Atmosphäre unterschiedlich weit transportiert.

Freie Acidität: Sie gibt die H^+-Konzentration im Regen an, ist als pH-Wert zu messen und wird bestimmt durch säurewirksame Luftschadstoffe, basische Stäube und Bestandteile des Meerwassers.

Potenzielle Acidität: Diese gibt die indirekte Säurewirkung an. So führt atmosphärisches Ammoniak (NH_4^+) zwar zu einem pH-Anstieg des Niederschlags, bewirkt aber gleichzeitig einen höheren Anteil potenzieller Acidität in der nassen Deposition.

Belastungspfade

> Denkfigur: Atmosphärische Prozesse <

Rainout: Luftschadstoffe werden durch Tropfenbildung in die Wolken aufgenommen.

Washout: Regentropfen nehmen auf dem Weg zur Erde weitere Luftschadstoffe auf.

Umwandlung: Ursprünglich gasförmige Emissionen werden in die wässrige Phase umgewandelt (z. B. NO_X zu Salpetersäure).

> Depositionsprozesse <

Nasse Deposition: Luftschadstoffe werden durch Regentropfen auf der Erde abgelagert.

Trockene Deposition: Stäube und Gase werden an der Erdoberfläche, vor allem aber im Kronenraum abgelagert. Durch Kronentraufe und Stammabfluss gelangen diese Depositionen dann in den Boden.

Reaktion in Ökosystemen

> Denkfigur: Ungleichgewichte <

Reduktions-/Oxidationsvorgänge: Für die Versauerung maßgeblich sind Ungleichgewichte zwischen den Transfers von positiver und negativer Ladung, zwischen Reduktions- und Oxidationsvorgängen.
Verschiebung des Ionenproduktes von Wasser: (H^+) (OH^-) = 10^{-14} zugunsten freier Acidität(H^+) oder Alkalinität(OH^-)
Stickstoffverbindungen in positiv/negativ geladener Form: Eine Verlagerung des Gleichgewichtes von NH_4^+ zu NO_3^- wirkt sich möglicherweise versauernd auf den Boden aus.

Folgen

Moblilisierung metallischer Elemente: Metallische Elemente des basischen Stoffbestandes werden durch H^+ ausgetauscht und so mobilisiert.
Herabsetzung des pH-Wertes: Die Herabsetzung des pH-Wertes entspricht einer Erhöhung der H^+-Konzentration.

> Denkfigur: Strukturelle Veränderungen in Bezug auf die Horizontierung <

In carbonathaltigen Böden:

- *Entkalkung*
- *Verlust der Säureneutralisationskapazität*
- *Entbasung*
- *Tonverlagerung*
- *Tonmineralzerstörung*

In humiden Bereichen kommt es zu hochdifferenzierter Ausbildung von Podsolen.

> Denkfigur: Ökosystemare Veränderungen <

- *Nährstoffverarmung*: Versauerung führt zur Auswaschung der Nährstoffe und zu einer
- erhöhten *Aluminiumkonzentration* in der Bodenlösung.

Beides führt zu:

- *Artenverarmung*: Verringerung der Populationsdichte.
- *Artenverschiebung* hin zu angepasster Flora und Fauna auch in der Krautschicht (Säurezeiger und Nitrophyten).
- *Verringerte Zersetzung/Stoffumsatz:* Die Fähigkeit zur Zerkleinerung, Einmischung organischer Streu und zur Umwandlung des Stoffbestandes nimmt ab.
- *Akkumulation der Humusauflage* und der dort gebundenen Nährstoffe durch die gestörten Abbauprozesse.

- *Verlagerung des Edaphons* und der Wurzelsysteme in den Oberboden.
- *Verringerung der Durchwurzelung* im Unterboden.
- *Störungen der Wurzelfunktionen*, diese resultieren in Nadelvergilbung.

=> *Waldschäden*: Auftreten von Waldschäden v. a. in besonders exponierten Mittelgebirgslagen.

Gewässerversauerung: Aus Böden ausgewaschene Mengen an potenzieller Acidität kann durch Fließpfade im Untergrund oder Oberflächenabfluss zur Versauerung von Gewässern führen.

Schutzmaßnahmen

Internationale Vereinbarungen: Der diffuse Eintrag, auch über große Entfernungen und Grenzen hinweg, führt zu hoher Priorität für den Schutz der Wälder und damit zu internationalen Vereinbarungen.

Critical-Loads-Konzept: Durch Belastungsgrenzen wird festgelegt, wo die Obergrenze bzw. die Toleranzgrenze für ein Ökosystem ist, ohne dessen Strukturen und Funktionen zu schädigen.

Nationales Recht: Internationale Vereinbarungen werden in nationale Gesetze und Verordnungen umgesetzt (z. B. Düngemittelverordnung, Bundes-Emissionsschutzgesetz).

Konkrete Maßnahmen

Luftreinhaltung: Langfristige Maßnahmen zur Reduzierung der atmosphärischen sauren Depositionen.

Düngung: Zufuhr basischer Stoffbestände, um den Nährstoffverlust durch die Versauerung auszugleichen.

Technische und betriebswirtschaftliche Maßnahmen: Einschränkung der Basenverluste durch geschickte Bestandsführung, eine geeignete Fruchtfolge, den Anbau von Zwischenfrüchten, den gezielten Einsatz von Leguminosen zur Stickstoffbindung und eine enge Hoftorbilanz.

Forstwirtschaftliche Maßnahmen: Verzicht auf Kahlschlag, Einschlag außerhalb der Vegetationsperiode.

Kompensationskalkung: Kurzfristige Maßnahme, um Versauerung und deren Wirkung zu neutralisieren und kompensieren.

- hohe Gaben von Pestiziden und Medikamenten,
- intensiver Dünge- und Futtermitteleinsatz,
- intensive Bewässerung.

Wirtschaftliche Entwicklungen, wie die Kommerzialisierung und die Globalisierung der Märkte, Fortschritte in Forschung und Technik in Bezug auf die Mechanisierung und Weiterentwicklungen in der Bio- und Gentechnologie als auch die Notwendigkeit der Ernährung der Weltbevölkerung führen zu einer weiteren Intensivierung der industriellen Landwirtschaft. Als wichtigste Symptome des Dust-Bowl-Syndroms sind Bodenerosion, Bodenverdichtung und Luft- und Wasserverschmutzung zu nennen. Neben der Bodendegradation kommt es zu negativen Auswirkungen auf die Nachbarsysteme (WBGU 1994, S. 160):

- Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse (Grundwasserspiegel, Oberflächenabfluss, Versickerung etc.)
- Verschlickung von Flüssen und Häfen
- Minderung der Wasserqualität (Eutrophierung, Kontamination, Sedimentbelastung), dadurch steigende Kosten für die Bereitstellung von Trinkwasser (aufwendige Reinigung, Bau von Fernwasserleitungen)
- Reduktion der Artenvielfalt bzw. Verschiebung des natürlichen Artengefüges
- Resistenzbildung bei Schädlingen und Krankheitserregern
- Anreicherung von Schadstoffen in der Nahrungskette, dadurch auch Gesundheitsgefahren für den Menschen
- Emission von Treibhausgasen bzw. atmosphärenchemisch wirksamen Substanzen

Zur Verbesserung der Situation werden folgende Abhilfemaßnahmen vorgeschlagen (WBGU S. 160):

- Erhöhung der Diversität, d. h. die Abkehr von Monokulturen und die Einführung von vielgliedrigen Fruchtfolgen
- Einrichtung kleinerer Ackerschläge
- Entwicklung von Landmaschinen für bodenschonenden Ackerbau und der Verzicht auf bodenschädigende Bearbeitungsmethoden, z. B. Tiefpflügen
- Reduzierung des hohen Stickstoffeinsatzes
- Einführung biologischer Methoden für Düngung und Pflanzenschutz
- Durchsetzung eines Raumplanungsrechts sowie von Flächennutzungsplänen

Anhang I

Materialien für das Interview

Bei Interesse an den Materialien, wenden Sie sich bitte an die Autorin.

Anhang II

Hinweise zur Struktur-Lege-Technik

Bei Interesse an den Materialien, wenden Sie sich bitte an die Autorin.

Anhang III

Teil A: Auswertungsschritte
Redigierte Aussage, Geordnete Aussage, Explikation und Einzelstrukturierung

Teil A

Interview 1: Tineke (16 Jahre alt) 4
Tineke - Redigierte Aussage 4
Interview 2: Moritz (15 Jahre alt) 14
Moritz - Redigierte Aussage 14
Interview 3: Fabiano (15 Jahre alt) 19
Fabiano - Redigierte Aussage 19
Fabiano - Geordnete Aussage 24
Fabiano - Explikation 30
Fabiano - Einzelstrukturierung 35
Interview 4: Paula (16 Jahre alt) 39
Paula – Redigierte Aussage 39
Paula - Geordnete Aussage 44
Paula - Explikation 48
Paula - Einzelstrukturierung 53
Interview 5: Tom (15 Jahre alt) 57
Tom – Redigierte Aussage 57
Tom - Geordnete Aussage 61
Tom - Explikation 65
Tom - Einzelstrukturierung 70
Interview 6: Jette (15 Jahre alt) 74
Jette - Redigierte Aussage 74
Jette - Geordnete Aussage 83
Jette Explikation 91
Jette Einzelstrukturierung 98
Interview 7: Alita (16 Jahre alt) 103
Alita – Redigierte Aussage 103
Alita – Geordnete Aussage 107
Alita Explikation 111
Alita Einzelstrukturierung 117
Interview 8: Ben (16 Jahre alt) 120
Ben - Redigierte Aussage 120
Ben - Geordnete Aussage 127
Ben - Explikation 131
Ben - Einzelstrukturierung 137

Teil B: Interviewtranskripte
Bei Interesse an den Transkripten, wenden Sie sich bitte an die Autorin.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze zum Bodenaufbau - Fabiano 30
Abbildung 2: SLT – Fabiano: Bodenverschmutzung/ Bodenversauerung 32
Abbildung 3: SLT – Fabiano: Nagelmethode 33
Abbildung 4: SLT – Fabiano: Bodenerosion durch Wind 33
Abbildung 5: SLT – Fabiano: Bodenverdichtung 34
Abbildung 6: Skizze zum Bodenaufbau - Paula 49
Abbildung 7: SLT – Paula: Umwelteinflüsse 50
Abbildung 8: SLT – Paula: Bebauung 50
Abbildung 9: SLT – Paula: Wassererosion 51
Abbildung 10: SLT – Paula: Winderosion 51
Abbildung 11: SLT – Paula: Bodenverdichtung 52
Abbildung 12: SLT – Paula: Bodenversauerung 52
Abbildung 13: Skizze zum Bodenaufbau - Tom 65
Abbildung 14: SLT – Tom: Klimaerwärmung 66
Abbildung 15: SLT – Tom: Bebauung 67
Abbildung 16: SLT – Tom: Wassererosion 67
Abbildung 17: SLT – Tom: Nagelmethode 68
Abbildung 18: SLT – Tom: Winderosion 68
Abbildung 19: SLT – Tom: Bodenverdichtung 69
Abbildung 20: SLT – Tom: Bodenversauerung 69
Abbildung 21: Skizze zum Bodenaufbau – Jette 91
Abbildung 22: SLT – Jette: Umweltbelastungen 93
Abbildung 23: SLT – Jette: Bebauung 93
Abbildung 24: SLT – Jette: Wassererosion 94
Abbildung 25: SLT – Jette: Nagelmethode 94
Abbildung 26: SLT – Jette: Winderosion 95
Abbildung 27: SLT – Jette: Bodenverdichtung I 95
Abbildung 28: SLT – Jette: Bodenverdichtung II 96
Abbildung 29: SLT – Jette: Versauerung 96
Abbildung 30: Skizze zum Bodenaufbau – Alita 111
Abbildung 31: SLT – Alita: Bodengefährdung durch Müll 112
Abbildung 32: ALT – Alita: Bodengefährdung durch Abgase 113
Abbildung 33: SLT – Alita: Bodengefährdung durch den Treibhauseffekt 113
Abbildung 34: SLT – Alita: Bebauung 113
Abbildung 35: SLT – Altia: Nagelmethode 114
Abbildung 36: SLT – Alita: Winderosion 114
Abbildung 37: SLT – Alita: Bodengefährdung durch „Drauftrampeln“ 115
Abbildung 38: SLT – Alita: Bodenverdichtung I 115
Abbildung 39: SLT – Alita: Bodenverdichtung II 115
Abbildung 40: SLT – Alita: Bodenversauerung 116
Abbildung 41: Skizze zum Bodenaufbau – Ben 132
Abbildung 42: SLT – Ben: Bodengefährdung durch Umweltverschmutzung 133
Abbildung 43: SLT – Ben: Bebauung 134
Abbildung 44: SLT – Ben: Wassererosion 134
Abbildung 45: SLT – Ben: Winderosion 135
Abbildung 46: SLT – Ben: Bodenverdichtung 135

Interview 1: Tineke (16 Jahre alt)

Tineke - Redigierte Aussage

(1-19)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Das ist Erdboden und dieser hier (P2) erinnert mich an den Gartenboden von meiner Oma, weil der auch immer so schwarz ist mit kleinen grauen Pünktchen und irgendwie weicher. Die Probe eins erinnert mich an Ackerboden, der ist etwas lehmiger, fester, den kann man gar nicht so zerbröseln wie den anderen. Den kann man so schön zerbröseln, das ist schöner. Diese Probe eins hier ist Erdboden. Das andere ist für mich Blumenerde.

(20-67)
Erdboden (Erde) ist für mich der Boden, wie er auf dem Acker ist oder wenn man im Wald ein Loch buddelt (unter der Wiese, beim Baum ausheben). Erde ist das braune Zeug an sich, ob es jetzt auf einem Tisch in einer Schüssel ist oder irgendwo anders. Und Boden ist das, worauf man steht und der Erdboden ist dann die Erde, auf der man stehen kann. Was ich hier jetzt habe ist Erde, Gartenerde *(P1 und P2).* Gartenerde ist fein, schwarz und locker und schaut nicht so aus wie die Erde, die man im Wald kennt, die sieht eher so aus, wie die Erde im Garten und die Erde, die man auch kaufen kann, diese in großen Säcken beim Gartencenter. Außerdem ist die bestimmt behandelt. Ich finde, dass die nicht so natürlich aussieht, die ist zu gleichmäßig. Erdboden ist auch alles worauf wir bauen, z. B. die Straßen. Unter uns ist ja alles irgendwie Erde, oder nicht?

(68-101)
Ich stelle mir vor, dass hier die Wiese ist, mit ein bisschen Gras, das ist schöner. Hier ist eine Pflanze drauf, die ihre Wurzeln in dem Boden hat und dass der Boden auch nicht so gleichmäßig ist, dass da diese kleinen Luftlöcher sind, weil da ja auch Maulwürfe rum krabbeln und Regenwürmer (Tiere und Käfer). Vielleicht ist der porös oder hat noch so kleine Stellen frei. Oder von Bäumen die Wurzeln, die gehen ja noch viel länger, deswegen glaube ich nicht, dass das alles Erde ist, sondern auch Luft und Freiraum. Maulwürfe buddeln Tunnel, dass da vielleicht ein Tunnel ist und dann irgendwo eine Höhle. Und die Regenwürmer graben kleinere Tunnel da rein, die auch mal an die Oberfläche kommen. Der Maulwurf kommt auch mal hoch, dann ist da so ein Hügel.

(101-150)
Hier unten drunter sind mehrere Schichten. Ich habe mal mit meinem Bruder im Wald ein ganz tiefes Loch gebuddelt, da waren wir noch kleiner und uns war langweilig in den Ferien und dann haben wir festgestellt, dass das immer ganz verschiedene Farben hat, dass fand ich ganz lustig. Da hatten wir dann erst diesen braunen Boden, dann diese braunen aber irgendwie auch mehr schwarzen Boden. Dann ein Boden, der total fest war, so platt getrampelt. Und hier der Boden ist dann immer lockerer (weicher, lehmiger), der war dann halt nicht mehr so fest, der Boden. Und noch ein bisschen tiefer, da hatten wir dann sandigen Boden, gelblich ist der irgendwie geworden, gar nicht mehr schwarz. Und der ist immer feuchter geworden, je tiefer das ging. Wir sind etwa eineinhalb Meter tief gekommen. Es war schon ziemlich tief, man konnte schon so bis hier darin stehen (*zeigt auf Kopfhöhe*). Das war, weil mein Opa, der im Wald, wohnt einen Baum ausheben musste und wir haben einfach gegraben. Tiefer sind wir nicht gekommen, wir hatten keine Lust mehr. Ich kann mir vorstellen, dass je tiefer man gekommen wäre, dass dann vielleicht noch so ein braunes Zeug gekommen wäre, weil die Erde, die wir ausgegraben haben, die war mal grau, mal schwarz, mal gelblich, mal braun, immer ganz verschieden. Das fand ich komisch um ehrlich zu sein. Tiere waren da auch einige, vor allem Regenwürmer, wir haben die alle gesammelt in einem großen Topf, da hatten wir schon ziemlich viele und die wurden auch immer dicker.

(151-169)
Irgendwann kann man nicht mehr graben, weil dann im Kern überhaupt keine Erde mehr ist. Da haben wir so eine Lava. Ich kann mir vorstellen, dass dann auch irgendwann noch Steine kommen. Vor der Lava. Oben ist dieser Erdboden und darunter kommen dann Steine. Ich kann mir das nicht vorstellen, dass im Kern Lava ist und dann nur Erde drum herum. Ich denke, dass da dann auch noch irgendwann Steine in der Erde sind.

(170-206)
Das ist eine gute Frage, wie diese Unterschiede zu Stande kommen. Ich habe mir da eigentlich noch nie Gedanken drüber gemacht, warum das so ist. Ich könnte mir vorstellen, also ich habe jetzt keine Ahnung, ob das auch damit zusammenhängt, aber man hört z. B., dass bei diesen Kohlebergwerken, da haben sich immer über die verschiedenen Jahre Schichten abgelagert und die sind ja auch unterschiedlich und dass dann z. B. eine Schicht Stein und dann andere Steine und dann Erde und dann wieder andere Sachen und dann Kohle (*kommt*) und deswegen muss man auch total tief graben um da dran zu kommen. Vielleicht hat das irgendwas damit zu tun, vielleicht hat das aber auch irgendwas damit zu tun, dass da andere Lebewesen im Boden sind, wo dann der Boden anders ist. Oder vielleicht ist das auch wegen dem Regen. Ich kann es mir gar nicht so wirklich vorstellen um ehrlich zu sein. Aber es würde mich jetzt wohl interessieren, warum das so ist.

(207-263)
Wenn ich mit einem Spaten in die Wiese steche und ein Stück raus hole, sind da bestimmt Käfer (Regenwürmer) drin und bestimmt auch Sachen, die wir gar nicht sehen, Tiere, die wir nicht wahrnehmen. Vielleicht ist da Kalk mit drin, keine Ahnung, wie der pH-Wert sein könnte, ob der sauer ist oder nicht. Die verschiedenen Stoffe, die die Blumen zum Wachsen brauchen. Und sonst dieses erdige, dieses, dass auch hier (*Bodenproben*) (Erde) bei ist, das ist da. Woraus besteht das? So aus diesem Kleinen, sind das Körnchen? Woraus das besteht, diese Erde? Vielleicht auch noch ein paar Wurzeln, vom Gras oder so. Weil sich das so da rein zieht, die Wurzel. Steine, kleine Steinchen, die sind auch schon hier drin *(P1).* Stöcker sind hier auch noch mit drin. Und so Sachen, da habe ich keine Ahnung, ich denke, dass das einfach irgendein Schmutz oder irgendein Dreck ist, der da irgendwie hingekommen ist. Ich kann mir vorstellen, ich bin mir jetzt auch nicht mehr ganz sicher, ich meine wir haben mal in der Schule gelernt, dass da auch Nitrit und Nitrat drin ist. Weil die Pflanzen das brauchen, dass da auch Ammonium mit drin ist, dass das irgendwie ein Kreislauf ist. Das wandelt sich irgendwie um, und dann ist das so, dass die Pflanzen das auch immer passend haben. Und dann haben wir auch noch gelernt, dass in vielen Böden total viel Kalk drin ist.

(264-281)
Als da diese Katastrophe war in Tschernobyl, da ist dieser ganze saure Regen rüber gekommen und das deswegen, weil der pH-Wert im Boden zu hoch wurde, die ganzen Lebewesen und die Organismen da nicht mehr drin leben konnten, dass da Kalk draufgeschüttet wurde, weil das das irgendwie neutralisiert. Ich kann mir vorstellen, dass davon noch viele Ablagerungen da sind und sonst an Lebewesen, diese ganzen kleine Käfer, dieses Krabbelvieh, was da immer so drin rumkrabbelt. Und Regenwürmer. Einen Maulwurf würden wir glaube ich nicht erwischen, beim Spatenstich.

(282-294)
Ich denke, dass der Boden noch tiefer geht als die anderthalb Meter, die wir gegraben haben, weil die ganzen Fundamente, ach nein, die werden ja auch teilweise gebohrt. Ich weiß es nicht, ich kann mir vorstellen, dass das noch circa zwei, drei Meter tief geht, die Erde.

(295-328)
Nein, ich denke nicht, dass der überall genauso aussieht, ich kann mir auch vorstellen, am Strand, da ist ja ganz viel Sand, aber gehört das auch zum Boden? Eigentlich ist das Sand und Sand ist für mich keine Erde (Boden). Vielleicht ist unter dem Sand noch, **ja** unter dem Sand ist bestimmt noch Boden, oder? Doch, ich glaube, dann ist noch unter dem Sand Boden, weil nur Sand, dass ist ja nicht so fest wie Boden (Erdboden wie diese Proben). Vielleicht ist der Sand da nur so hell, wegen dem Wasser. Irgendwie hängt das bestimmt zusammen, weil irgendwie immer nur am Wasser Strand ist. Ich kann mir auch vorstellen, dass es anders ist als ich beschrieben habe, oder wenn der Boden an sich schon total lehmig ist, dann kommt nicht erst so eine Schicht (*Bodenproben*). Aber ich denke schon, dass der Boden nie gleich ist (ausschaut), wenn man da tiefer geht, dass der immer verschiedene Farben hat.

(329-374)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Da sind meine Steine. Das ist eine Landschaft, wo einmal Wiese ist und hier oben, dass soll eher so eine Steinklippe sein. Genau, und dann kann man sehen, wie teilweise noch auf dem Stein etwas Wiese ist, aber unter der Wiese ist immer auch Erde. Aber die Erde, die geht hier nicht so tief, weil die Steine da sind. Also ist die Erde über dem Stein. Aber hier auf der rechten Seite, da geht die ziemlich tief, weil hier ja auch ein Baum ist und der hat auch ziemlich lange Wurzeln. Ich glaube, die Erde liegt über den Steinen und nicht die Steine unter der Erde. Ich kann mir nicht vorstellen, dass sich die Steine unter die Erde schieben können. Weiß ich nicht, das ist komisch. Ich weiß nicht, warum es hier so unterschiedliche Bereiche gibt. Eins von beiden muss ja vorher da gewesen sein, geht ja nicht, dass die beide gleichzeitig gekommen sind (*Erde und Steine*). Entweder hat sich irgendwas hoch gedrückt, vielleicht die Steine, also irgendwie die Berge, die wachsen ja auch noch immer, die drücken sich auch so hoch und über die Jahrtausende. Vielleicht war das hier auch so, dass hier Erde war, aber dann sich die Steine hoch gedrückt haben. Doch, ich glaube, die Steine haben sich da irgendwie so hingedrückt.

(375-395)
Immer kann es den Erdboden gar nicht gegeben haben, weil irgendwann es alles das erste Mal gab. Ich denke mal, dass sich Erde entwickelt hat. Ich meine, am Anfang war ja alles hier, ich weiß es gar nicht, es gibt wohl viele verschiedene Theorien, oder? Dass am Anfang alles nur Wasser war und dann irgendwie das Land dazu kam. Ich denke, dass das schon immer da war, aber irgendwie auch nicht. Das ist eine gute Frage, wie entsteht Erde. Gott, hätte ich mir überlegen müssen. Irgendwie muss doch auch Erde entstehen, weil wir brauchen die ja, wir schaufeln die aus und dann reißen wir wieder Häuser ab und dann ist da ein Loch und dann kommt da doch irgendwie immer Erde hin. Aber kann Erde entstehen? Jetzt noch? Ich glaube nicht, ich weiß es aber nicht.

(396-447)
Ich glaube, dass Erde schon seit der Entstehung der Welt da ist, weil früher, als es die Dinosaurier gab, da hatten die ja auch Pflanzen und da hatten die auch Erdboden. Ich denke nicht, dass die Pflanzen da auf Stein gewachsen sind. Die mussten Erde gehabt haben. Ich weiß nicht, wie lange gab es die Erde schon, als es die Dinosaurier noch nicht gab? Weiß man das? (*Hinweis für die Schülerin von Autorin: Dinosaurier: Hundert Millionen Jahre; Erdentstehung: vier Milliarden Jahre*) Ach ja, wundervoll. Vielleicht hat sich da doch irgendwie Erde entwickelt, aber ich kann mir nicht vorstellen wie, vielleicht irgendeine chemische Reaktion, von denen ich überhaupt keine Ahnung habe. Irgendwie ist die entstanden, irgendwie sind ja auch die Steine entstanden, ist ja alles irgendwie. Ich denke schon, dass das sehr, sehr früh war. Obwohl, kann man nicht so Erdproben nehmen und je tiefer man geht, desto älter ist die? Oder war das mit dem Eis? Doch das ist doch wohl so, je tiefer man z. B. gräbt, dann kann man doch auch so Dino-, so Fossilien ausgraben. Dann ist das so, dass dann verschiedene Zeitalter da sind. Die haben irgendwann in einem Quiz einen Querschnitt von der Erde gezeigt und dann war die Erde in verschiedene Stufen eingeteilt (verschiedene Zeiten), Kreidezeit, Jurazeit. Dann muss ja doch irgendwie Erde entstehen. Auch jetzt noch. Ich denke, dass Erde immer noch entsteht, oder? Sonst kann das gar nicht sein, weil von irgendwo muss das kommen, dass dann alte Schichten mit neuen Schichten wieder überdeckt werden können. Vielleicht deswegen auch diese verschiedenen Farben.

(448-469)
Wenn nichts entstehen würde, dann hätten wir ja jetzt noch die Erde wie vor vielen tausend oder Millionen Jahren. Und dann könnten wir die eventuell gar nicht mehr gebrauchen, weil irgendwann ist doch auch Erde abgenutzt (aufgebraucht), oder? Ich kann mir vorstellen, dass immer neue Erde entsteht, aber wie das Ganze passiert, da bin ich doch überfragt. Ich kann es mir irgendwie nicht vorstellen. Aber ich denke schon, dass das irgendwie so sein muss. Schon alleine wegen diesen Schichten.

(470-489)
Wenn es diesen Erdboden nicht geben würde, wären wir tot. Weil die Pflanzen ja auf dem Erdboden stehen. Die Bäume wandeln das CO_2 wieder in Sauerstoff um, durch die Photosynthese. Und hätten wir die Erde nicht, hätten wir keine Bäume, das heißt wir hätten keine Luft, wir würden also verhungern, nicht verhungern aber, <u>doch</u> wir würden wohl verhungern, weil die Tiere (Kühe) hätten kein

Gras (Getreide) und so zum Essen. Dann hätten wir auch nichts zu Essen (keine Kartoffeln, Möhren, Gemüse, Obst). Die werden auf oder in der Erde angebaut und dann hätten die Tiere nichts und dann wäre ja gar nichts zu Essen da. Ich glaube, wenn es den Boden nicht geben würde, wäre das gar nicht mal so gut.

(490-514)
Wenn es den Boden nicht geben würde, wäre dann da überall Stein? So stelle ich mir das dann vor, dass da überall Stein wäre. Ich könnte keine Löcher graben, nein. Häuser könnten gar nicht so wirklich gebaut werden, weil dann alles in die Steine rein, das ist dann auch komisch. So ein Loch in die Steine hämmern und dann da ein Haus drauf setzten. Man könnte nicht auf der Wiese joggen, sich nicht hinlegen, im Park in die Sonne, weil auf Stein ist das ja auch nicht schön, sich hin zu legen und sagen juhu ich werde jetzt braun. Ich glaube das wäre nicht wirklich was. Oder man könnte, oh Gott, irgendwelche Sportarten, man könnte kein Fußball (*mehr spielen*). Okay, das wäre mir ja egal, aber trotzdem. Viele würden sagen „Oh nein, kein Fußball“. Was macht man sonst noch auf dem Rasen. Reiten könnte man auch (*nicht*). Das wäre dann auch doof für die Pferde, weil die dann immer die Hufe kaputt hätten. Oh Gott, das wäre ja gar nicht gut. Ich glaube, den Hunden und so würde das auch nicht so gefallen, wenn die nur überall Straße hätten.

(515-534)
Ich sehe mich in der Beziehung zum Boden, dass ich jeden Tag drauf laufe, mit meinem Hund spazieren gehe, oder mich auf die Wiese hinlege, sonne. Ich turne auf der Wiese. Manchmal, wenn wir am Aasee liegen und es dann langweilig ist. Meine Freundin und ich turnen beide. Dann ist das schon ganz spaßig, einfach aufzustehen und über die Wiese zu rennen und da turnen, Flickflack und alles. Und ich habe zu Hause im Garten eine kleine Ecke, da habe ich verschiedene Blumen hingesetzt, aber nur rosa Blumen und Möhren und Salate. Das ist ein ganz komischer, keine Ahnung wie der heißt, ist einfach ein Salat, den ich dahin gepflanzt habe. Ich habe mir Samen gekauft im Supermarkt und dann habe ich die da eingesät und das hält alles schon zwei Jahre.

(535-538)
Boden ist eigentlich so gar nicht wichtig für mich, weil ich mit dem eigentlich gar nichts mit mache.

(539-561)
Ich kann mir vorstellen, dass für die Bauern Boden sehr wichtig ist. Weil die da ihre ganzen Sachen drauf anpflanzen und davon leben die. Die Tiere werden davon gefüttert, die Bauern verkaufen das. Für unseren Nachbarn ist sein Boden schon ziemlich wichtig, der ist Hobbygärtner, aber eigentlich gar kein Hobbygärtner. Der ist so fasziniert von seinem Garten, der ist jeden Tag da am Gange und nur am umgraben und am Rasen neu säen und am düngen und am schneiden. Der ist nur am gärtnern, der hat auch sehr viel Spaß mit seinem Boden. Weil der da immer neue Sachen darauf pflanzt. Ich meine, das ist ja auch schön, dann die schönen Blumen da zu haben und die Sträucher und alles.

(562-572)
Für die Tiere ist der Boden schon wichtiger als für uns, weil die da leben und die bauen teilweise ihre Höhlen in den Boden. Viele Tiere legen ihre Eier in den Boden, viele schlafen auf dem Boden, z. B. Rehe (Wildschweine, Pferde). Pferde nur, wenn sie draußen stehen. Die suchen sich da ihr Essen, die essen diese Pflanzen.

(573-585)
Mir begegnet Boden überall da, wo keine Straße ist. Da hat man meistens Boden und das ist am Wegrand, bei uns zu Hause, falls man spazieren geht. Am Aasee. Boden ist auf diesen kleinen viereckigen Teilen, wo ein Baum drauf steht. Z. B. ein Parkplatz und dann ein Viereck, irgendwie ein Quadratmeter und da ist dann ein Baum drauf. Und sonst glaube ich nicht so.

(586-606)
In fünfzig (hundert, tausend) Jahren stelle ich mir Boden so wie heute vor. Vielleicht hat sich die Farbe verändert, aber ich stell’ mir vor, dass der noch so eine Funktion hat, wie heute, vielleicht nicht die

gleiche Funktion, weil sich alles weiterentwickelt. Aber ich kann mir vorstellen, dass der Boden von der Art und Weise noch so ist, wie er jetzt ist. Ich glaube nicht, dass der irgendwie rot wird. Vielleicht wird der braun oder vielleicht eher grau, braungrau und schwarz, aber ich denke schon, dass der so in diesem Farbbereich bleiben wird.

(607-626)
Vielleicht verändert sich Boden durch die Umwelteinflüsse, die jeden Tag sind, weil einfach viel Müll auf den Boden geschmissen wird. Die Autoabgase, das nehmen die Bäume ja auch auf. Irgendwie haben die da doch jetzt auch ein Gesetz, wie heißt das mit dem Ruß in der Luft? Genau, Feinstaub. Das soll von den Bäumen aufgenommen werden. Oder die Industrie, die leitet viele Schadstoffe in die Umwelt ab, einmal in die Luft und dann auch teilweise ins Wasser, was irgendwie mit dem Boden in Berührung kommt. Ich kann mir schon vorstellen, dass wir dem Boden jeden Tag sehr, sehr viel Schaden zufügen, fällt mir jetzt mal auf.

(627-672)
Die Folgen, das ist ja eines von meinen Lieblingsthemen. Einerseits find ich, die Autoabgase haben Einfluss auf alles, auf die Ozonschicht, auf die Bäume. Ich meine auch, dass das nachgewiesen wurde, dass irgendwie die Bäume in der Stadt alle krank sind wegen den Autoabgasen. Teilweise wegen diesem Ganzen hier in der Stadt, wegen dem vielen Müll. Das ist jetzt doof, ich habe so ein Bild von vor drei Jahren von einem Biobuch vor mir. Da hatten wir das auch, da hatten wir Ökologie behandelt. Da meine ich auch, dass gesagt wurde, dass man an den Verfärbungen von den Blättern sehen kann, dass die Bäume krank sind und wenn die Bäume krank sind, dann können die nicht mehr die Photosynthese vollrichten, vollziehen. Das ist dann auch nicht gut für die Bäume. Jetzt bin ich bei den Bäumen und nicht mehr bei dem Boden. Egal. Aber was halt nicht gut für die Bäume ist, ist auch nicht gut für den Boden, weil die das an den Boden weiterleiten. Die geben dann die Schadstoffe über die Wurzeln ab, oder? Kann ich mir zumindest vorstellen, also ich würde es machen als Baum. Die Schadstoffe wieder versuchen loszuwerden über die Wurzeln. Die Bäume werden krank und leiten das dann an den Boden weiter, bleiben aber trotzdem krank, weil die nicht alles abgeben können. Wenn man jetzt guckt, bei einem Baum, wo der am meisten Schadstoffe hat, dass das so schon in den Wurzeln ist. Ich kann es mir vorstellen, ich weiß es nicht.

(673-687)
Die Veränderungen kann man nicht von heute auf morgen sehen, ich glaube, dass das seine Zeit braucht, bis man das merkt, dass unser Verhalten Einfluss auf die Umwelt hat. Ich denke schon, dass das so vierzig, fünfzig Jahre dauert oder dreißig, aber schon so ein paar Jahre.

(688-716)
Der Müll hat auch Einfluss, den werfen wir einfach weg in die Umwelt. Der Müll zersetzt sich irgendwie. Bei uns im Wald, da wo ich in der Nähe wohne, habe ich gesehen, dass da Papier rum lag, wie von Bonbons und die waren auch schon halb weg. Das ist ja auch so Kunststoff oder Chemie. Und der Boden nimmt das hinterher auf oder dass das durch den Boden (den Regen) zersetzt wird. Da kommen irgendwelche Stoffe drauf und dass sich das dann zerlegt oder zersetzt. Das geht dann in den Boden und ist dann auch schädlich. Schädlich für den Boden, weil da Fremdstoffe zu kommen und weil dann das Gleichgewicht gestört ist, weil dann Überschuss oder Mangel von irgendwelchen Stoffen da ist. Vielleicht versuchen die das auszugleichen, wenn das schädlich ist oder dass dann irgendein Stoff sagt, hej ich bekämpfe dich oder so. Und dass dann weniger von diesem Stoff da ist und das brauchen die Pflanzen eigentlich. Ich merke schon, das hängt alles zusammen.

(717-723)
Vielleicht vertragen die Tiere das nicht und dann hauen die ab oder sterben aus, ich weiß es nicht.

(724-769)
Wenn man eine Betonschicht über den Boden macht, geht der kaputt. Ich meine, dass wir in der Schule durchgenommen haben, dass der Boden auch Sauerstoff braucht. Und auch die Organismen im Boden für diese Umwandlungen von diesen Stoffen, dass da auch immer Sauerstoff für gebraucht wird. Ich weiß jetzt nicht genau, ob das stimmt, aber dass da Ammonium, Nitrit und Nitrat im Boden sind?

Und dass erst Ammonium zu Nitrit wird und dann zu Nitrat wird. Und dann geht das irgendwie in die Pflanzen über, dass die Pflanzen dann irgendwann absterben oder eingehen im Winter und dass das dann wieder in Ammonium zersetzt wird. Das ist dann immer so ein Kreislauf. Beim Umwandeln helfen die Organismen und der Sauerstoff mit. Und wenn da eine Betonschicht drüber wäre, dann gäbe es keinen Sauerstoff. Der Boden ist ja ständig am arbeiten und wenn der nicht mehr arbeitet, dann ist er doch tot (würde sterben).

(770-788)
Wenn der Boden tot ist, ist er tot. Schlimmere Sachen können ja gar nicht mehr passieren, oder? Vielleicht würde er eingehen. Oder gammeln, nein, dann lebt er ja wieder, wenn er gammelt. Das kann ja gar nicht sein. Der Boden ist feucht und dann ist da eine Betonschicht drüber. Ich stell mir das so vor, dass da das ganze Wasser ist und das erhitzt sich auch immer und dann könnten diese Wasserdämpfe nicht raus und das schimmelt dann doch, oder? Entweder er stirbt oder er fängt an zu schimmeln (vermodert). Ich denke, dass der dann tot ist und dass das dann schimmelt. Wenn wir tot sind, dann können wir ja auch vermodern.

(789-814)
Beton haben wir teilweise schon sehr viel, aber immer mit Freistellen. Z. B. auf den Autobahnen oder in der Stadt ist das sehr extrem. Z. B. Manhattan, das ist ja eigentlich nur eine große Betonschicht und darauf ganz viele Häuser. Das haben wir in ziemlich großen Städten oder hier in Münster oder auch im Ruhrgebiet. Da finde ich das ziemlich extrem, wie viel da schon bebaut ist, aber hier in Münster geht das noch, wir haben hier noch die Promenade, an sich noch reichlich Grünstellen. Eigentlich ist das bei uns okay, weil wir in der Stadt an den Kreuzungen trotzdem überall noch kleine Grünflächen haben. Das ist alles nicht so extrem bebaut. Da achte ich gleich mal drauf beim Heimweg.

(815-834)
Ich finde eigentlich, dass Boden durch uns gefährdet wird. Wir machen den kaputt, durch Müll und alles. Das ist eine der größten Gefährdungen für den Boden. Wenn wir nicht da wären, dann würde der fröhlich vor sich hin arbeiten, immer wieder diese Umwandlungen machen, würde fröhlich Blumen wachsen lassen. Die Menschen versuchen ja auch schon den Boden zu retten, z. B. wenn der pH-Wert absinkt, dass dann Kalk drauf geschüttet wird oder da Dünger rein zu machen. Aber wenn es uns nicht geben würde, wenn wir da erst gar nicht so viel drauf angebaut hätten, dass der dann von einem Stoff ganz, ganz wenig hat, dass der den dann erst wieder nachproduzieren muss, dann hätten wir ihn auch nicht düngen müssen.

(835-859)
Die Ursachen für die Gefährdung ist halt alles, was wir mit dem Boden machen, einmal Beton drüber. Dann die Sachen, die wir auch der Umwelt antun, z. B. diese ganze Atomkraft. Dann, dass wir ein großes Stück Boden nehmen und da wie viele Hektar Kartoffeln anbauen. Ich meine, das ist zwar toll für uns aber für den Boden eigentlich nicht, weil der dann erstmal nach einer Ernte oder so total viel von dem Stoff, den die Kartoffeln brauchen verloren hat und dann erstmal zwei, drei Jahre braucht um das Ganze nach zu produzieren. Und dann denken wir, oh wir tun dem Boden etwas Gutes, wir düngen den. Aber wir hätten dem ja gar nichts Gutes tun müssen, hätten wir da vorher nichts angebaut, wir müssen da ja auch anbauen, egal.

(860-872)
Was tun wir dem Boden denn noch „nichts Gutes“? Wasserverschmutzung, damit tun wir dem ja auch nichts Gutes, weil das ganze Wasser fließt in den Boden. Oder z. B. die Flüsse, das ist eine Delle im Boden, da ist auch Boden auf dem Grund. Und der Boden nimmt dann das Wasser auf. Und das ist dann auch nicht gut, wenn das Wasser schlecht (verschmutzt) ist.
(873-883)
Wir sind zu faul, um den Müll in den Mülleimer zu werfen. Viele Leute denken sich, ach warum zum nächsten Mülleimer rennen, ich kann es auch einfach auf den Boden werfen. Oder teilweise verlieren die Leute auch ihren Müll. Z. B. haben die den in der Tasche, holen dann irgendetwas raus und dann fällt ein Zettel heraus oder irgendein Müllpapier, das man wegwerfen wollte. Ich würde sagen, Müll ist schon Absicht.

(884-904)
Der Müll wird dann vom Boden (Regen) zersetzt und dann kommen Fremdstoffe in den Boden. Da wird durch diese Fremdstoffe in diesen Kreislauf eingegriffen (mit Ammonium, Nitrat, Nitrit) und auch in den Lebensraum der Tiere. Der Boden verändert sich durch diese Stoffe (Fremdstoff). Wenn bei uns irgendein Fremder in die Familie hereinkommen würde, dann wird die Familie ja auch anders. Und dann wird die nicht wie vorher und so stelle ich mir das auch beim Boden vor.

(905-914)
Ich meine, Schadstoff, Fremdstoff hört sich nicht gerade positiv an. Ich denke schon, dass das schlimm wäre für den Boden. Ich denke auch, dass der irgendwie damit klar kommen wird, muss der ja. Auf jeden Fall ist es nicht gut für den Boden.

(915-934)
Vielleicht sind dann nicht mehr die Stoffe vorhanden, die die Bäume brauchen und dann gehen die Bäume kaputt. Und dann haben wir wieder das Problem, dass wir alle tot sind. Oder vielleicht die Tiere, die braucht der Boden auch um zu leben und wenn die Tiere nicht mehr da sind, dann kann der Boden nicht mehr so weiter leben. Das wird schon Folgen für den Boden haben oder dass der eine Zeit braucht, um sich zu regenerieren.

(935-936)
Boden lebt für mich.

(937-947)
Dann die Autoabgase, die dann über die Bäume in den Boden kommen. Ich würde sagen, da passiert das gleiche wie mit dem zersetzten Müll, dass das auch ein Fremdstoff ist, der nicht gut ist für den Boden, der da eingreift und der das Gleichgewicht durcheinander bringt. Und bei der Industrie ist das auch so.

(948-958)
Auch das mit der Atomkraft ist eigentlich alles gar nicht so gut. Falls da eine Atombombe fällt, ist alles radioaktiv verseucht und das nimmt der Boden an, diese radioaktive Strahlung. Und dann trägt der Regen das weiter, das ist dann saurer Regen. Da wo das hin regnet, sinkt dann der pH-Wert ab. Wenn der pH-Wert zu sauer wird, dann können die Organismen auch nicht mehr leben. Dann können da auch diese ganzen Kreisläufe nicht mehr stattfinden. Dann ist der (Boden) auch nicht mehr so wundervoll.

(959-973)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): Ich denke mal, dass die einfach sauer sind. Das ist nur die Bezeichnung für einen niedrigen pH-Wert. Also sauer und alkalisch. Und dass der Boden den pH-Wert wie Essig hat und Essig hat einen sehr niedrigen pH-Wert, da Essig einfach nur verdünnte Essigsäure ist.

(974-987)
Material 6 und 7, Anhang I: *pH-Wert-Skala und Boden-pH:* Ein pH-Wert zwischen 6 und 7 ist ja eigentlich noch neutral. 7 ist normalerweise neutral. Aber 6 ist auch noch ziemlich neutral, oder? 8 auch noch, so 6, 7, 8. Aber je tiefer oder je höher das geht, umso sauerer oder alkalischer wird das.

(988-1000)
Durch den sauren Regen sinkt der pH-Wert in den Böden. Der saure Regen kommt von den Atomkraftwerken. Es gibt bestimmt auch noch andere Ursachen, aber ich denke, dass das eine Hauptursache ist, weil das da so extrem ist.

(1001-1016)
Ich denk mir, dass da die Lebewesen nicht mehr drin leben können oder dass das anfängt abzusterben, weil denen das einfach zu sauer ist. Ich denke mir, die Folge ist dann ja immer, dass der Boden nicht mehr so arbeiten kann wie vorher und irgendwie gestört wird und alles (Tieren, Blumen, Bäume) nicht

mehr so existieren (wachsen) kann. Der Boden arbeitet ja, indem da die Blumen (Bäume) wachsen, diese Umwandlungen mit den Tieren und alles.

(1017-1050)
Ich denke, der niedrige pH-Wert wirkt bei den Tieren auch. Wenn es denen zu sauer ist, dann wollen die da bestimmt auch nicht wohnen. Und ich denke auch, dass der niedrige pH-Wert Einfluss auf die Bäume hat, auf diese Umwandlungen, auf diesen Kreislauf, dieses Ammonium und alles. Zum größten Teil auf die Bäume und auf die Tiere, weil die Bäume auch die Schadstoffe vom Boden mit aufnehmen. Ach stimmt, die nehmen die auf, die geben die glaube ich gar nicht ab. Egal. Irgendwas mit aufnehmen und abgeben, aber ich glaube eher, die nehmen die Schadstoffe vom Boden auf. Und deswegen ist auch in den Wurzeln so viel Schadstoff drin. Ja, jetzt macht das Ganze wieder viel mehr Sinn. Ich habe eben auch schon gedacht, dann müssten eigentlich in den Blättern viel mehr Schadstoffe drin sein.

(1051-1065)
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Das ist komischer Boden, weil da so Gräben drin sind. Der Boden sieht feucht aus. Ist das Grüne da oben drauf Gras? Vielleicht wächst da irgendwas, sieht aus wie ein Feld oder ein Acker. Dahinten sind auch diese typischen Treckerteile, diese Huckel. Ich würde sagen, das ist ein Ackerboden, aber warum der jetzt diese Krater hat, das weiß ich nicht.

(1066-1076)
Warum dieser Graben da verläuft, kann ich mir gar nicht erklären. Vielleicht mit Absicht, aber warum der da von alleine sein sollte, das weiß ich nicht. Vielleicht ist da irgendetwas passiert. Aber warum sollte da einer Gräben in den Boden reinbauen? Das ist nicht so wirklich logisch.

(1077-1116)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Das ist Schnee, oder? Das sieht aus wie Schnee. Ich würde sagen, das ist Wind, der da drüber weht und der vielleicht kleine Körnchen mitnimmt. Wahrscheinlich die Körnchen, die oben drauf liegen, die von der Sonne getrocknet und die deshalb nicht mehr so fest sind. Aber es könnte auch Schnee sein. Ist aber kein Schnee. Der Boden ist eigentlich so nass, habe ich ja auch schon gesagt heute. Aber wenn der oben liegt, das ist ja auch beim Sandkasten so, oben drauf ist Puder, weil da immer die Sonne darauf scheint, dass das Wasser dann verdunstet. Und unten drunter ist das ganz hart. Ich glaube, dass das beim Ackerboden auch so ist, oben drauf ist der trocken der Boden. Man kann den auch anfassen, zerbröseln, aber unten drunter ist der feucht und man kann ihn nicht so zerbröseln.

(1117-1140)
Ich glaube nicht, dass das Auswirkungen auf den Boden hat. Der Wind trägt den Boden ja irgendwo anders hin. Der geht nicht verloren und auch wenn, ich glaube nicht, dass die Sandkörnchen da oben noch eine große Funktion haben. Weiß ich nicht, für mich ist der Boden, der oben drauf ist irgendwie, ja nicht tot, aber auch nicht mehr wirklich Boden. Der hat keine Feuchtigkeit mehr, da krabbeln keine Tiere mehr herum, die sind immer erst unten drunter. Regenwürmer kommen da oben auch nicht hin und Pflanzen, die sind ja mit ihren Wurzeln auch da, wo es nass ist und nicht da, wo es schon so trocken ist und vielleicht werden die so vertrocknet. Weiß ich nicht. Auf jeden Fall glaube ich nicht, dass das schlimm ist, dass der Wind das wegträgt.

(1141-1166)
Der Boden braucht Wasser, weil er sonst austrocknet, so ist es ja auch mit den Blumen. Ich habe oben eine Blume stehen, die habe ich zwei Monate lang vergessen zu gießen. Weiß auch nicht warum. Vorher war der Boden auch richtig schön feucht und jetzt ist er ausgetrocknet, ist das auch Puder. Und jetzt ist die Pflanze tot. Tot, schon wieder. Nein, also jetzt ist die Pflanze hinüber, sagen wir es dann mal so. Wasser bringt Stoffe mit. Ich glaube, im Wasser sind Mineralien und alles drin und verschiedene Salze. Dass das wohl auch ganz gut für den Boden ist, wenn der die kriegt.

(1167-1199)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Vielleicht wollte der Boden den Nagel loswerden, weil so ein Nagel rostet wenn der feucht wird. Ich meine das schon mal gesehen zu haben, dass irgendwo an einer Baustelle so ein rostiges Gestell, diese ganz, ganz dicken Drahtteile da so rum lagen. Die waren total rostig und die wurden dann aus dem Boden geholt und man konnte dann genau sehen wo der lang ging. Weil diese Rostschicht am Boden war. Vielleicht versuchte der Boden einfach nur den Nagel los zu werden, den abzustoßen. Der Boden kämpft gegen diesen Nagel an oder versucht nur diesen Fremdstoff los zu werden. Ich glaube der Boden reagiert darauf.

(1200-1216)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Das ist Ackerboden. Da ist ein Trecker drüber gefahren, der Boden ist schlammig, nass. Ich würde sagen dem geht es gut. Vielleicht hat der etwas zu viel Wasser, weil da so viel Wasser oben drauf steht. Vielleicht hat es da ganz viel geregnet. Aber ich denke irgendwann versickert das, zieht in den Boden ein und das ist nicht arg schlimm.

(1217-1235)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Oh, der ist ja hart. Den finde ich komisch. Der ist so da rein gepresst ohne Luft, ohne Zwischenraum, einfach nur stumpf rein gepresst. Vielleicht ist der Boden auf dem Foto auch so gepresst, weil da ja überall ein Trecker drüber gefahren ist? Also ich habe noch nie auf Ackerboden drauf gedrückt, wo ein Trecker drüber gefahren ist. Aber wenn Sie das schon so sagen, vielleicht geht es dem Ackerboden auch so wie dem Boden hier? Ich finde den Boden komisch, weiß ich nicht. Der Ackerboden hier (*Material 8, Anhang I*), so schlecht schaut der doch gar nicht aus, oder?

(1236-1258)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Ich glaube auch, dass da keine Tiere drin sind, oder? Wenn da schon keine Luft drin ist, und wo sollen die da denn drin leben, weil so klein können die ja auch nicht sein. Irgendwie müssten sie da ja schon durch. Ob da jetzt unbedingt eine Pflanze drin wachsen könnte, weiß ich nicht, weil sich ja auch diese Knospe oder die Pflanze erstmal durch den Boden hoch drücken muss. Wenn der so fest ist kann ich mir auch vorstellen, dass das ziemlich schwer ist da hoch zu kommen.

(1259-1276)
Ich denke schon, dass der Boden, der tiefer ist, so fest ist, aber ich glaube nicht, dass der hier oben schon so fest ist. Weil der Boden, der tiefer ist, da ist eine viel größere Last (Druck) drauf wegen dem schweren Boden, der da drüber liegt. Über den Boden rennen ja auch nicht tausend Leute. Und da ist auch keine große Last drauf. Halt nur dieser Druck, der Luftdruck, aber den haben wir ja auch, der ist ja auch nur ein Bar.

(1277-1287)
Begriff Bodenerosion: Den Begriff Bodenerosion habe ich schon mal gehört, aber damit kann ich nichts anfangen.

(1288-1292)
Begriff Bodenversauerung: Bodenversauerung ist einfach, wenn der pH-Wert vom Boden absinkt, oder?

(1293-1311)
Begriff Bodenverdichtung: Vielleicht ist Bodenverdichtung, wenn der Boden immer härter wird, also immer dichter und die Dichte immer größer wird. Nein, die Dichte ist ja immer gleich vom Boden, egal. Der Boden wird immer enger zusammengequetscht oder so. So wie da jetzt (*Boden zusammengedrückt*), denn ich kann mir vorstellen, wenn man den locker macht, dass der dann auch so bis hier hin geht. Weil der jetzt da so zusammengepresst ist, sind die Körnchen immer dichter aneinander.

(1312-1344)
Also ich denke mir das halt so, ich weiß auch nicht, warum ich genau das denke. Vielleicht kommt es mir logisch vor. In der Schule haben wir nur Bodenproben genommen, dann haben wir für die den pH-Wert bestimmt. Wir haben bestimmt, von welchem Stoff wie viel darin ist, wir haben die Lebewesen bestimmt und dann haben wir irgendwie, man weiß es gar nicht, den Boden analysiert und auch eine Güteklasse hergestellt. Das haben wir vor zwei Jahren zwei Monate lang gemacht und ich weiß wirklich nicht, wie wir das alles gemacht haben. Wir haben, glaube ich, auch den Kalkgehalt bestimmt und damit haben wir dann schon mal geguckt, ob der pH-Wert niedriger war, als der eigentlich sein sollte. Im Differenzierungskurs Bio-Chemie.

(1345-1349)
Lesen tue ich das nicht unbedingt, aber wenn mal im Fernsehen eine Dokumentation darüber kommt, dann guck ich mir die schon teilweise an. Das ist ja eigentlich auch interessant.

(1350-1356)
Zu den verschiedenen Bodenschichten, glaube ich, das würde mich am meisten interessieren. Wie das jetzt zu Stande kommt, weil ich jetzt schon irgendwie neugierig bin, wie Boden entsteht.

(1357-1366)
Ich hätte gar nicht gedacht, dass man so viel zu Boden sagen kann.

Interview 2: Moritz (15 Jahre alt)

Moritz - Redigierte Aussage

(1-12)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Das fühlt sich wie Erde an, die man im Garten benutzt, da sind auch noch feste Steine drin *(P1)* und hier sogar noch Wurzeln (lacht), das ist aber noch weicher. Das könnte sehr aufgelockert sein *(P2)* , im Gegensatz zu dem hier. Das ist sehr, sehr grob *(P1)*. Beides ist Erde.

(13-45)
Erde stelle ich mir schon so schwärzer vor, ich würde das nicht als Sand bezeichnen. Erde findet man oft auf Feldern (vom Boden auf Feldern). Es ist sehr braun, braunschwarz, kleine Körner, formbar, vielleicht auch noch mit Naturresten drin, klumpig, nass, feucht, kann auch trocken sein. Boden ist fast das Gleiche, nein. Boden ist für mich eine Grundfläche, glatte Fläche, wo man was drauf tun kann. Oder sogar die Oberfläche von Erde. Oder den oberen Teil würde ich auch als Boden bezeichnen.

(46-71)
Wenn ich draußen im Garten mit einem Spaten ein Stück Erde raus holen würde, wäre eher so was, was hier im Behälter ist drin und dann auf jeden Fall noch Wurzeln und wahrscheinlich ein paar Tiere. Vielleicht noch Blätterreste (Pflanzenrest). Auf einem Spielplatz oder im Sandkasten wäre das ein Unterschied. Der Sand würde für mich nicht zur Erde dazuzählen. Das wäre einfach nur Sand und Boden auch nicht.

(72-115)
Wenn ich draußen auf der Wiese stehe, ist Gras unter meinen Füßen. Und Boden. Darunter ist dann wieder Erde. Das ist jetzt kein 10 cm Stück, ich denk mal schon ein paar (zwei, drei, vier) Meter. Danach kommt Stein? Ich denke, das ist erstmal sehr fein (Erde) und dann wird das immer größer, kleine Sandsteine, quatsch, kleine Steine und dass da nachher so Klumpen sind. Wenn die Steine größer werden, wird auch die Fläche größer.

(116-151)
Eigentlich ist es ja genau verkehrt, dass die Steine hier oben so fein und dann unten immer gröber werden, eigentlich müsste das Feine ja runter fallen. Aber ich denke, das ist alles so fest, oder dass die Fläche oben bearbeitet wird, durch Gehen oder sonstige Sachen. Und unten passiert nicht so viel. Tiere sind auch in der Erde und Blätter die runter fallen, die zersetzen sich dann in Erde, dadurch ist es oben feiner. Erde kann auch absacken, vielleicht liegt das dann ja auch an den großen Steinen, wo noch Platz zwischen ist, da rutschen auch mal feine Körner rein. Das könnte ich mir vorstellen und dass es dann auch unten fester wird. Das ist ja unberührt und der ganze Druck, der da vielleicht von oben kommt. Die Erde wiegt ja ein bisschen was und drückt das dann nach unten, deswegen würde ich sagen, dass das sehr fest unten ist. In Erde ist auch noch anderes Zeugs drin, als nur Steine, zum Beispiel auch von den Blättern die Sachen.

(152-206)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Man kann links eine große Felswand sehen und die zerbricht, also sieht aus, als ob sie zerbrechen würde. Von oben kommt Steingeröll runter und umso tiefer das wird, umso feiner wird das eigentlich und da, wo die Pflanzen stehen ist die Erde. Man sieht auch so Risse darin. Man sieht, dass die Steine unten im Bild größer werden und umso weiter man nach oben geht, dass die Steine kleiner werden und feiner. Ich denke, dass dadurch vielleicht Erde entsteht und auch durch die Prozesse dort oben an der Oberfläche. Dass Blätter runterfallen und sich zersetzen (auch Gras). Tiere ermöglichen das, dass die Steine kleiner und feiner werden. Ich denke nicht, dass Tiere so tief kommen und deswegen Steine vielleicht auch nur bis zu einer bestimmten Stelle kleiner werden. Ach nein, das hat ja auch was mit der Kälte und Hitze zu tun. Stimmt, Sachen dehnen sich aus, wenn sie kälter werden und das kann man auch an den Straßen sehen. Wenn es kalt ist oder gefriert, dass die aufbrechen (Risse entstehen). Und vielleicht auch Kontinentverschiebung, da kann auch nicht alles heil bleiben. Ob die Prozesse alle stimmen?

(207-221)
Also, wenn aus so einem großen Klumpen (Steinklumpen) so feine Erde wird, dauert das, wenn das so naturell ist, sehr lange. Schon ein paar Jahre. Ich sag mal, so dreihundert Jahre könnte es wohl dauern.

(222-245)
Wenn es die Erde nicht geben würde, wäre das dann ein bisschen kompliziert. In der Erde sind Nährstoffe enthalten und die kann man in Steinen (großen Felsen) nicht speichern und deswegen könnten auch keine Pflanzen wachsen. Sich da fest ankern. Auch kleine Tiere, die in der Erde sind, gibt es dann auch nicht. Erde nimmt ja das Wasser auf. Wenn es zum Beispiel regnen würde, denke ich mal, und da wären nur Steinfelsen, dann würde das Wasser ja fließen. Stein nimmt kein Wasser auf, dann würden sich Seen bilden, Meere, vielleicht als große Konsequenz.

(246-283)
Erde hat die Bedeutung von Erschaffung, also Leben. Das treibt das so ein bisschen an. Mir würde da jetzt einfallen, dass Menschen nicht so oft (viel, nicht genug) über die Erde nachdenken. Das habe ich jetzt auch nicht gemacht. Für die Umwelt wäre das natürlich wichtig. Und wenn man da nicht darauf aufpasst, dann wird man sich ja selber vernichten. Erde ist Grundlage für Pflanzen und Leben und ohne diese Erde kann es ja kein Leben geben. Wenn man jetzt zum Beispiel Erde verschmutzen oder ich weiß nicht was damit machen würde, würde man eigentlich die eigene Menschheit (sich selber, seine Nachkommen) oder auch die ganzen Tiere und alles aussterben lassen.

(284-291)
Es baut alles aufeinander auf und wenn Erde fehlen würde, das wäre auch für die Tiere Lebensraum. Ich denke schon, dass Erde ein wichtiger Faktor für Tiere ist.

(292-296)
Im Alltag begegnet mir Erde, wenn man auf Rasenplätzen ist oder manchmal im Garten und dann natürlich auf dem Feld. Aber so jetzt speziell jeden Tag, würde ich nicht sagen.

(297-314)
Erde in fünfzig (hundert, tausend) Jahren. Ich würde sagen, Erde verschwindet immer mehr oder wird überdeckt. Man wird auf jeden Fall nicht so oft Erde antreffen. Entweder man transportiert sie irgendwo anders hin oder man macht sie nicht sichtbar, baut irgendwas drauf oder verdeckt sie mit irgendwas. Oder vielleicht kann sie auch selbst irgendwie zerfallen. Man kann Erde im Supermarkt kaufen, zur eigenen Gartenpflege. Ich weiß nicht, ob die da gezüchtet wird, aber ich denke mal wieder, für den Eigenbedarf des Menschen kann sie wegtransportiert werden.

(315-393)
Erde wird durch Bebauung überdeckt. Das ist ja eigentlich so ein Kreislauf? Nein, glaube ich nicht, oder? Wenn man was (Haus, Straße) auf die Erde bauen würde, dann könnte nichts mehr drauf fallen und keine neue Erde mehr produziert werden. Die Blätter würden dann von der Straße aufgefangen werden. Und dann würde man sozusagen Erde im späteren Sinne wieder wegtransportieren. Außerdem drückt das dann auch wieder. Tiere können nicht mehr darin wohnen, da ist kein Luftzugang mehr. Und Tiere lockern den Boden (die Erde) eigentlich auf. Und dadurch wird das dann alles gepresst. Vielleicht trocknet das auch aus. Man kennt das ja, dass Archäologen mit so Techniken arbeiten, dass man am Gras erkennen kann, ob da mal eine Mauer stand oder nicht. Da muss sich da ja auch irgendetwas verändert haben, wenn man da drauf baut. Auf jeden Fall rutscht das auch, wenn das gepresst wird. Vielleicht gehen auch Nährstoffe verloren. Die ganze Kette wird unterbrochen oder verringert und so schafft sich der Mensch mehr Platz (Raum) und verdrängt dann die anderen. Ich meine die Nahrungskette, eigentlich alle Ketten, z. B. wenn Pflanzen Sauerstoff produzieren und das wird immer mehr überbaut und Pflanzen müssen weg, dann stimmt das Gleichgewicht nicht mehr. Und die Tiere hätten dann nicht mehr so viel kleinere Tiere zu essen. Und dadurch würden dann die größeren Tiere auch wieder weniger werden. Der Mensch wird immer mehr, obwohl er am Ende von der Nahrungskette steht, fast. Er wird mehr und nicht weniger, wie das eigentlich normal wäre, wenn die Kleineren aussterben würden. Es gibt immer mehr Menschen und deswegen braucht man wieder Platz, also es ist

eigentlich ein Teufelskreis. Dadurch, dass mehr bebaut wird, wird dann der naturelle Raum (Natur, Erde, Boden) wieder verkleinert.

(394-431)
Erde kann durch Chemikalien verschmutzt werden. Der Regen nimmt sie mit. Oder von alleine, aber flüssig. Und auch durch Müll. Wasser verdunstet ja. Und im Wasser ist meistens auch schon Öl oder Spülmittel und das verdunstet dann mit und kommt dann auch wieder runter. Es (Schädlingsbekämpfungsmittel) wird auch z. B. auf den Feldern gespritzt, dann kommt das mit runter. Die Chemikalien sind nicht immer im Wasser, die kommen immer so dazu. Durch menschliche Tätigkeiten, z. B. durch Fabriken oder jeder Haushalt produziert seinen Müll.
Wenn das mit dem Regen in den Boden geht, wird die Erde verschmutzt und dann fressen die Tiere das und sterben. Dann wird auch wieder diese Kette unterbrochen. Und dann kommt das natürlich auch wieder ins Grundwasser. Das heißt, man vergiftet sich eigentlich selber.

(432-450)
Weitere Ergänzungen zu den Veränderungen habe ich nicht.

(451-461)
Wind hat eine sehr große Bedeutung für die Erde, weil es so physikalische Gesetze gibt, wie Wind auch entsteht oder so. Ich denke auch, dass Wind große Auswirkungen hat. Vielleicht auch Luftdruckausgleichung?

(462-474)
Kleine Steinchen, also wirklich kleine Steinchen, werden vom Wind weiter getragen. Dass da immer Bewegung ist. Das hat bestimmt eine Bedeutung, aber ich wüsste jetzt keine.

(475-497)
Erde ist meistens feucht, wie das hier auch war. Und deswegen ist da auch immer ein Wasseranteil drin. Wenn das trocken wäre, dann wäre es ja so was wie Sand. Ich denke, dass die das dann auch speichert und das dann auch wieder gut für die Pflanzen ist, weil die Wasser aus der Erde ziehen, deswegen ist sie ja auch feucht. Wasser sickert runter, macht die Erde feucht. Vielleicht hält das das auch zusammen. Es ist dann eine festere Masse. Ohne Wasser wäre es irgendwie trocken, leicht und dadurch könnte dann vielleicht auch der Wind schneller mehr wegwehen. Und wenn das nass ist, passiert das nicht so, dann bleibt das da, weil das dann auch eine festere Masse und irgendwie ein bisschen klebrig ist.

(498-574)
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Man sieht ein Feld, dahinter Bäume und in dem Feld sind kleine Wasserbäche, die sich da durchgebahnt haben und fließen dann. Aber ist das ein Feld? Für mich sieht das eher wie Sand aus. Und da hat das Wasser den Sand dann zusammengedrückt, oder ist das was anderes? Ist das Sand? Das ist doch nicht solche Erde? Also das soll dann Erde sein? Das Wasser hat dann die Erde zusammengedrückt und sich dann seinen Flussweg gemacht. So war das früher auch, dass so Flüsse entstanden sind. Wenn das Wasser jetzt so fließen würde, würde das hier geradeaus fließen, hier ist sie dann nicht weiter gekommen, weil es vielleicht so hart war durch Lehm oder andere Sachen und deswegen ist es dann irgendwie außen herum so, deswegen kam dann vielleicht diese Kurve. Sonst wäre es ja eine ganz gerade Linie. Das ist dann zusammengedrückt und vielleicht sind da jetzt so Gänge und die werden dann vielleicht wieder von den Seiten zusammengedrückt, dass die Erde dann vielleicht immer nachrückt? Oder das Wasser nimmt immer mehr Erde mit und drückt das dann irgendwie so zusammen. Drückt die das jetzt platt oder nimmt die das mit? Das Wasser ist meistens dann auch eher braun. Aber wo das Wasser hergekommen ist, ist es ja noch sehr fest. Vielleicht drückt sie das erst fest, wenn so was entsteht und wenn dann Wasser nachkommt, dass sich das Wasser dann von den Seiten die Erde mitnimmt. Oder von vornherein. Das weiß ich jetzt nicht. Das Feld (die Erde) an sich sieht ja eigentlich ganz weich aus und dort zusammengepresst. Wenn die das immer mitnimmt, weil das ja auch so weich ist, kann man das leichter mitnehmen, und dann würde wahrscheinlich immer mehr Erde verschwinden. Aber das wäre jetzt wirklich extrem.

(575-613)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Entweder ist das Schnee oder Sand. Sand ist es. Das sind kleine Sandkörner, weil man es sieht, dahinten irgendwie, dass da ein bisschen mehr Wind ist und man sieht auch, dass da so kleine Rillen durch den Wind sind. Der Wind kommt vielleicht von da und dann nimmt der diese kleinen Sandkörner mit, schiebt sie dann vielleicht aufeinander und dann fällt der irgendwie wieder runter. Vielleicht deshalb auch diese Berge von kleinen Sanden und hier oben dann diese kleinen Sandkörner, die getragen werden. Vielleicht lockert das auf? Obwohl, es ist ja eigentlich schon locker, aber ja, Auflockerung, denke ich. Also wenn das so ein Feld mit Erde ist, kann ich mir das jetzt nicht so vorstellen, wie das da ist. Aber ich denke schon, dass das bei jedem Feld passieren kann.

(614-681)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Erst steckt der Nagel bis zur Oberfläche drin und dann, man sieht ja auch, dass es hier ein bisschen bröckelig ist, schaut der Kopf dann so raus und hier sieht man ja schon, dass der Boden ein bisschen platt ist und hier noch platter (Beschreibung der Bilder nacheinander). Auf jeden Fall wird wahrscheinlich der Boden runtergedrückt und dadurch sieht das jetzt so aus, als ob der Nagel nach oben gekommen wäre. Vielleicht könnte es auch wieder Wasser sein. Eine Wasserspur, sieht ein bisschen feucht aus. Hier sind sogar schon Risse. Die Erde ist nicht mehr so locker. Und wenn da jetzt zum Beispiel Wind herfegen würde, hätte der nichts zum wegwehen. Irgendwie sackt das dann natürlich ein. Also für mich sieht das hier wie Sommer aus (Bild mit Rissen im Boden) und hier eher nicht. Diese Risse kenne ich, aber nur im Sommer. Wenn da alles fest ist, vielleicht kann das auch deswegen sein, dass Wasser verdunstet und die Risse dann entstehen, weil die Erde heiß wird und sich wieder ausdehnt? Die Pflanzen brauchen eigentlich lockeren Boden, um die Wurzeln da rein zu bekommen. Hier ist es ja total schwer (letztes Foto der Bilderreihe), hier ist es ja einfacher seine Wurzeln zu vergraben. Denn da ist es ja noch ein bisschen lockiger, flockiger und hier ist schon fast Wand und deswegen könnten sich da nicht so viele (keine) Pflanzen ansiedeln und Tiere auch nicht. Ich kann es mir nicht vorstellen, dass da Tiere leben wollen, weil es zu fest ist

(682-690)
Luft kann ja warm und kalt sein. Vielleicht drückt Luft auch noch auf den Boden? Also Menschen spüren das nicht, den Luftdruck, aber vielleicht wirkt sich das ja trotzdem aus? Nein, glaub ich aber nicht.

(691-777)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): *Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I):* Waldböden? Sauer, das heißt ja dann, dass da Säuren sind. Kennt man: sauren Regen. Also müssen die Schadstoffe dann wieder vom Regen in den Wald transportiert sein und, ach wahrscheinlich wird das deswegen so fest, oder? Die Schadstoffe fallen durch den Regen auf den Boden. Und das Wasser sickert dann (in die Erde) ein und die Schadstoffe mit oder bleiben dann auch oben auf dem Boden. Es wird immer nur saurer Regen gesagt. Ich denke, saurer Regen entsteht durch diese Verdunstung von Wasser und diesen Schadstoffen, die dann mitkommen und dann bilden sich Wolken und dann fällt das Wasser mit den Schadstoffen wieder runter. Vielleicht machen Säuren Nährstoffe kaputt. Zersetzen das auch. Die Folge daraus wäre wieder, dass der Wald abstirbt, weil die keine Nährstoffe mehr haben oder auch davon zersetzt (angegriffen) werden. Durch den Wegfall von den Bäumen und Pflanzen ist auch kein Leben mehr möglich. Die Nahrungsquelle für die Tiere wäre nicht mehr vorhanden und deswegen könnten dann auch die anderen Tiere wieder nicht leben. Das ist wieder diese Kette. Der pH-Wert von einem Boden wurde im Jahr 1980 und 2000 gemessen. 1980 liegt er noch bei 6,5 und 2000 bei 4. 7 ist ja neutral. Und das heißt, schon 1980 nicht mehr neutral und 2000 schon mit einem Überschuss an Säure. Also dass der pH-Wert da drastisch gesunken ist. Durch diesen sauren Regen. Vielleicht kann Rauch was damit zu tun haben? Rauch steigt ja auf, von Fabriken meine ich. Und wird, wenn es regnet, wieder mit nach unten gespült. Dass dann auch wieder saurer Regen entsteht. Umso mehr saurer Regen dazu kommt, desto höher wird die Konzentration, die sich dann sammelt und deswegen auch der niedrige pH-Wert.

(778-796)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Man sieht da dieses Feld und viele Traktorspuren und in den Spuren dreckiges Wasser. Sieht für mich schon fast wie das Kanalisationswasser aus. Es kann jetzt entweder die Erde sein, die das Wasser mitnimmt, vielleicht auch Dünger. Und das sammelt sich da drin. Weil der Boden (die Erde) durch den Traktor zusammengedrückt wurde, der ist ja ein bisschen schwerer. Das ist ja eigentlich viel höher, aber hier wurde das zusammengedrückt, also gepresst. Dadurch ist der Boden dann dichter und das Wasser sammelt sich da und verteilt sich nicht.

(797-841)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Das ist, was wir gerade mit dem Nagel hatten, da wurde das zusammengedrückt. Die Masse bleibt gleich, aber das Volumen? Aber ist egal, hier wurde das dann zusammengedrückt und wurde dann kleiner. Da ist jetzt keine Luft mehr dazwischen, wobei die andere Probe noch sehr flockig ist und man kann die einzelnen Körner noch bewegen und hier halt nicht mehr. Das Lockere, man kann es zwar auch nicht mehr so sagen, das könnte hier sein, was noch so ein bisschen raus steht. Aber das vom Traktor platt gedrückte, das müsste dann das hier sein, wo sich dann das Wasser drin sammelt. Da nimmt das Wasser auch die Oberfläche des Zusammengedrückten immer mit oder wenn es sich bewegt, aber auf jeden Fall sackt das wahrscheinlich noch mehr ein. Der Boden wird dadurch sehr fest und dichter. Und dann hatten wir das ja gerade, dass sich da nicht so gut Pflanzen ansiedeln können und dann wieder die ganze Kette. Deswegen geht da ein Bauer mit dem Pflug drüber, um das wieder aufzulockern. Das sieht fast schon so aus, als ob das Wasser das Feld überschwemmt, vielleicht hat das auch eine bestimmte Auswirkung. Das Wasser kann auch nicht absinken, wenn das da so fest ist. Und deswegen muss es auf dem Feld bleiben, bis es wieder verdunstet. Und auf dem Feld sind, wenn mit diesen Schädlingsbekämpfern gespritzt wurde, auch wieder Chemikalien und die werden dann auch vom Feld verdunstet.

(842-860)
Begriff Bodenerosion: Das habe ich schon mal gehört. Erosion, was war das denn noch mal? Ich glaube, das ist das, wenn diese Ritze entsteht? Ich glaube, ich habe das im Zusammenhang mit Kälte gehört. Wenn das trocknet, dann wird das ja wieder fest. Dann entstehen wieder diese Ritzen, also muss wohl irgendwas damit zu tun haben.

(861-867)
Begriff Bodenversauerung: Das war das mit der Säure. Dass dieser Regen mit den Schadstoffen auf den Boden fällt und dann dieser pH-Wert (von 2000) 4 entsteht.

(868-879)
Begriff Bodenverdichtung: Das müsste dann das Feste sein, also wenn die Erde dichter, zusammen gedrückt wird. So wie hier. Das war auf dem Bild mit dem Trecker. Vielleicht passiert das auch wegen der Säure, dass da irgendwie was mit geschieht?

(880-905)
Man hört im Chemieunterricht so was von saurem Regen und das ist alles nicht so toll für die Umwelt, aber sonst, wie das genau passiert oder warum, eigentlich nicht. Wie Boden aussieht, das kann ich ja zu Hause sehen, dass ich das daher habe. Auch diese zusammen gedrückten Felder, das ist bei uns auch so. Das mit dem sauren Boden hat man mal im Fernsehen gesehen oder wurde auch mal kurz in der Schule angesprochen, aber nicht genau erklärt. Sondern nur als giftig.

(906-923)
Mich würde interessieren, wie diese Verdichtung eigentlich kommt, das weiß ich jetzt nicht wirklich, ob das wirklich nur vom Trecker kommt? Da war ich mir auch unsicher mit dem Wasser, ob das jetzt mitgenommen wird oder ob das Wasser jetzt platt drückt oder ob der Luftdruck jetzt auch noch eine Rolle spielt, also das würde mich auch wohl interessieren. Und auch diese Auswirkungen, was daraus folgend passieren würde.

Interview 3: Fabiano (15 Jahre alt)

Fabiano - Redigierte Aussage

(1-25)

Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Das hier *(P2)* ist für mich feine Erde, obwohl die auf der anderen Seite auch ein bisschen grob ist. Ist das absichtlich, dass die grob und fein ist? Die ist feucht, so wie sie aussieht *(Erde wurde vorher befeuchtet = wirkt lehmiger)*. Und das hier *(P1)* sieht lehmiger aus, also was heißt lehmig, da sind ja auch Steine drin. Mehr kann ich dazu nicht sagen. Und das ist weicher, würde ich sagen *(P1)*. Es ist ein bisschen ein Mix aus Erde und Lehm, also sieht schon lehmiger aus. Es ist noch Erde in dem Sinne, aber es ist ja schon so Lehm dabei *(P1)*. Und das andere ist Erde *(P2)*.

(26-75)

Was ist Lehm? Gute Frage, Lehm ist dichter. Das hab ich jetzt so mehr gelernt, nicht, dass das so vorgestellt ist. Das ist nicht so wasserdurchlässig. Von der Struktur her kommt bei Erde mehr Wasser durch. Und durch die Farbe unterscheiden die sich natürlich. Erde ist dunkler. Wenn ich jetzt an Lehm denke, würde ich sagen, das ist so eine Mischung aus beige und braun. Und bei Erde würde ich dann schon richtig braun denken. Boden hat viele Schichten. Erde und Lehm sind Teile vom Boden. Und Lehm ist ziemlich weit unten und dieses, was ich als Erde bezeichnet habe, würde ich ziemlich weit (ganz) oben einordnen, dann kommt da noch eine Mittelstufe, dann kommt das *(P1)*, dann kommt vielleicht noch eine Stufe und dann kommt richtiger Lehm. Und dass es von Stufe, ach, von Schicht zu Schicht fester wird und die Struktur immer dichter, so dass immer weniger Wasser durchkommt, so würde ich das beschreiben. Außerdem sind im Boden Organismen drin, so wie Regenwürmer, das sind ja jetzt ziemlich große, sonst kleine, nicht sichtbare.

(76-95)

Wenn ich jetzt mit einem Spaten draußen auf der Wiese ein Stück herausnehmen würde, würde ich Regenwürmer finden und andere kleine Tierchen, die ich nicht unbedingt kenne. Und wenn man es dann mikroskopieren würde, würde man natürlich auch ganz viele kleine Tierchen noch finden, die man so mit dem Auge nicht sieht. Oder mit einer Lupe schon. Außer den Tieren sind noch irgendwelche Eiweiße drin, ist ja Quatsch, weiß ich gar nicht genau, und so Mineralstoffe und Wasser (Feuchtigkeit) auch. Vielleicht Regenwasser, was dann runter kommt, Mineralstoffe.

(96-135)

Fabianos Skizze vom Boden: Da stehe ich, das ist mein Bein (Fuß). Dann ist da eine weiche Masse, wo auch der Rasen drauf gewachsen ist, wie jetzt die Erde zum Beispiel, die dunklere. Und dann kommt die nächste Schicht, also vom Maßstab mit meinem Fuß müssen Sie das jetzt nicht abhängig machen (lacht). Dann kommt da, ja auch Erde, nur dass die halt schon dichter wird, weil die halt fester ist, hier oben trampelt man noch drauf. Oben wird noch ein bisschen umgewühlt, durch Regen und so und hier unten wird das dann immer fester, weil es sich nicht wirklich bewegt. Ich würde sagen, das wird schon lehmiger. Und dann könnte auch schon bald der Lehm kommen. Dann müsste ja irgendwo das Grundwasser kommen, was dann so abfließt. Keine Ahnung, bildlich kann ich mir das nicht so vorstellen.

(136-187)

Die verschiedenen Schichten unterscheiden sich durch die Struktur, dass dieser (untere) jetzt ziemlich fest ist und kaum was durchlässt. Und da (eher oben) kommt es noch ein bisschen durch. Was das bringt, weiß ich auch nicht. Dass dann hier einfach irgendwo dann Stopp ist, immer fester. Es gibt bestimmt noch ein paar Milliarden mehr Schichten und irgendwann kommt man dann zum Erdkern. Und irgendwann ist es so hart (fest), dass das Wasser überhaupt nicht mehr durchkommt und dass das dann abfließt einfach. Keine Ahnung wohin, Flüsse so was. Die Unterschiede kommen so zu Stande, dass es einfach noch mehr durchwühlt wird. Also hier ist es ziemlich locker (zeigt auf den oberen Teil

der Skizze), da tritt man drauf und da kommt dann auch noch der Regen durch und kommt dann hier noch hin, aber hier bleibt schon das meiste drin. Dann kommt hier noch ein bisschen.

Das heißt, der Regen färbt das auch dann ein bisschen, wenn es nass wird. Und dann bleibt das meiste hier, dann kommt noch ein ganz bisschen hier hin und immer so weiter und je weniger durch kommt, desto verschiedener ist die Farbe. Und je härter ist das auch. Das ist einfach die Kraft, die darauf lastet. Hier oben ist ja viel mehr Gewicht. Diese drei Schichten haben ja viel mehr Gewicht zusammen auf diese und drücken das platter (fester), als wenn da jetzt nur eine Schicht über der ist. Wenn dann noch so ein paar Leute darüber wandern und die da Fußball spielen, drücken die das ja auch noch unten fester. Und dann erhöhen die das Gewicht noch und dann ist hier halt am meisten Gewicht drauf, was dann auch am plattesten drückt. Ich würde nicht sagen, dass die Grenzen so deutlich sind. Ich würde einfach sagen, dass das so übergeht.

(188-214)

Der Boden geht so zwei Meter tief herunter? Viel mehr nicht, passt ungefähr. Man merkt das ja auch wenn man im Garten buddelt, dann kommt irgendwann eine andere Farbe raus. So nach dreißig vierzig Zentimetern, spätestens. Unter dem Boden ist noch mehr Boden, ich weiß nicht. Ich kann mir das auch nicht genau vorstellen, wie das Wasser da abläuft. Das muss ja eigentlich dadurch gehen, also in der Grundschule haben die das mal so erklärt, glaub ich, oder ich hab es falsch (gesehen), dass dann hier das Grundwasser fließt. Hier ist so eine Schicht, die total undurchlässig ist und dann fließt das hier einfach so daher, wie in einer Röhre. Ich glaube, so könnte ich es mir eigentlich nicht vorstellen, muss ich sagen. Das sickert dann einfach so ab. Ich weiß nicht, wo das dann hinkommt. Das kann ich mir nicht vorstellen.

(215-251)

Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Das ist für mich ein Berg mit Gestein drauf. Diese Risse kommen wahrscheinlich durch irgendwelche Erschütterungen, wenn da zum Beispiel irgendwas drauf fällt oder durch Erdbewegungen. Das zweite, das ist ein Baum. Und hier ist der Boden, diese Erde, mehr die rechte *(P2)*, die ich beschrieben habe. Hier ist jetzt Gestein. Die anderen Stufen, die ich mir jetzt so gedacht habe, kann ich da nicht erkennen. Ich weiß jetzt auch gar nicht, ob das Absicht ist und dieses Gestein, wo das her kommt, weiß ich auch nicht. Die Struktur des Gesteins ist auf beiden Bildern ähnlich, obwohl das hier auch lockere Steine sind. Wo Wasser durchfließen kann. Und hier das ist ja richtig zu. Sonst gibt es weniger Zusammenhänge, weil hier das ziemlich unfruchtbar aussieht. Ich könnte mir wenig vorstellen, dass da was drauf wächst. Hier in diesem reichen Boden wächst ein Baum drin, und ich könnte mir nicht vorstellen, dass da irgendwo ein Baum aus dem Stein wächst.

(552-274)

Da war überall vielleicht mal Wasser, keine Ahnung. Es ist in der Zeit alles anders geworden, durch Eiszeit und so ein Quatsch und so ein Boden ist auch schon da. Wenn man jetzt zum Beispiel an der Nordsee ist und der Meeresspiegel sinkt ab, dann würde ich sagen, wird das nach einer Zeit so wie hier (Bild mit Boden). Das sich da dann auch so was entwickelt. Zum Beispiel im Watt. Da ist ja alles total matschig. Und da drunter sind dann auch so harte Lehmschichten, denk ich mir, und oben ist alles total matschig, weil das alles total durchnässt ist. Weil da manchmal auch viel Wasser drauf ist. Also, ich denke, so ein Boden ist eigentlich da von Anfang an. Verändert sich natürlich durch verschiedene Klima.

(275-323)

Wenn es den Boden nicht geben würde, dann wäre da nichts. Diese Erde oder alles? Nur noch Stein oder was meinen sie jetzt, Stein ist doch auch im Bodenbegriff mit drin. Man sagt ja, wenn ich hier jetzt vom Stuhl falle, dann falle ich auf den Boden. Wenn der Boden an sich weg wäre, dann würde man fliegen. Wenn man den Boden unter den Füßen verliert, dann fliegt man, würde schweben. Und, wenn man jetzt von dem Boden da draußen ausgeht, wäre für mich alles wie Stein oder Asphalt. Total hart. Da kann nichts wachsen. Dann wären wir nicht da. Dann wäre alles natürlich ganz anders gelaufen von der Erdgeschichte her. Wenn nichts wächst, dann ist ja auch kein Sauerstoff oder so was da. Zum Beispiel, wie heißt das noch, Photosynthese. Das hängt alles am Boden dran. Aus dem Boden

kommt alles. Auch aus dem Wasser, aber im Wasser sind nicht so Pflanzen, die jetzt Photosynthese betreiben, soviel ich weiß. Und wenn der Boden nicht wäre, wäre eventuell auch nur Wasser. Obwohl Wasser auch auf dem Boden ist. Dann würde es ja aussehen wie auf dem Mond. Da ist nichts da.

(324-349)

In der Freizeit kümmert mich der Boden nicht viel. Außer dass ich mal meiner Oma im Garten helfe. Sonst in der Schule, im Bio-Chemie-Kurs haben wir viel gemacht mit Boden. Für Bauern ist er wichtig würde ich sagen. Damit die ganzen Getreidesachen und so was alles wächst. Andere Lebewesen? Wie zum Beispiel eine Kuh, die frisst den Rasen, der auf dem Boden wächst. Oder sehr viele, also Elefanten, essen von den Bäumen. Wir essen Äpfel von den Bäumen. Eigentlich hat jedes Lebewesen was mit dem Boden zu tun. Außer vielleicht einige Fische im Wasser oder so ein Quatsch.

(350-359)

Boden begegnet mir überall. Man ist jederzeit auf Boden, wenn ich jetzt draußen bin, dann begegnet mir Boden, weil eigentlich alles auf Boden ist. Wenn man mit dem Fahrrad irgendwo herfährt, sieht man überall Erde am Rand oder Asphalt, der ist ja auch aus Boden. Da drunter ist Boden oder Kanalisation in diesem Fall jetzt hier. Und sonst ist alles Boden.

(360-377)

Boden in 50 oder 1000 Jahren stelle ich mir gleich vor. Also, vielleicht verändert er sich stark oder weniger stark durch Umweltverschmutzung, also pH-Wert und Ammonium. Das weiß ich selbst nicht. Und sonst stell ich ihn mir ziemlich ähnlich vor. Außer wenn das Ammonium (pH-Wert) und alles anders wird, dass auch Organismen (kleine Tierchen, Einzeller) aussterben.

(378-417)

Der pH-Wert verändert sich zum Beispiel durch Wasser. Der pH-Wert des Wassers ändert sich auch ab und zu. Aber mehr kann der sich durch Umweltverschmutzungen, Abgase und so was ändern. Durch Öl, was abgelassen wird, verunreinigt. Düngemittel, die Bauern jetzt auf ihren Acker sprühen. Wasser fällt vom Himmel, in Form von Regen und sickert dann in den Boden ein. Und wenn das Wasser jetzt auch schon verunreinigt ist ein bisschen, dann kann das natürlich auch den pH-Wert verändern. Er wird saurer. Man spricht ja auch vom sauren Regen, der vom Himmel kommt. Durch Schwefelsäure, glaub ich oder Schwefelgase. Und das hätte Auswirkungen, dann würden die Organismen (Tiere) aussterben. Die Lebensverhältnisse würden sich ja ändern. Vielleicht macht es den Boden unfruchtbarer, dass durch den anderen pH-Wert nicht mehr so viel wächst.

(418-488)

Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): *Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I):* Essig ist sauer. PH-Wert zwei, hab ich gerade gesehen. Ist natürlich extrem. Ich denke, das ist ein bisschen übertrieben mit dem „sauer wie Essig“. Ich weiß nicht genau den normalen pH-Wert von Böden. Der ist ja sowieso überall anders, aber sauer wie Essig, 2,0? Ich bring es schon damit in Verbindung was ich gerade erzählt habe, weil es natürlich dadurch schlechter wird, wahrscheinlich. Sonst würden sie es ja nicht an eine große Glocke hängen. Da wurde der pH-Wert von einem Boden gemessen, einmal 1980 und einmal im Jahr 2000. 1980 haben wir einen pH-Wert von 6,5 und 2000 dann 4. Das ist nicht gut. Also, 6,5 scheint ja bei dem Boden Standard zu sein, dann leben dort natürlich auch Tiere und so was, die sich darauf einstellen. Wenn das in so schneller Zeit so drastisch sinkt, dann werden die wahrscheinlich mit den Lebensbedingungen nicht mehr klar kommen und sterben (aussterben). Und das hat dann auch zur Folge, dass das Ammonium, was ich auch genannt habe, nicht mehr so verarbeitet wird. Das wird ein ganz langer Prozess mit Nitrat, Nitrit und so was. Und da müssen dann auch die Organismen mitspielen. Und wenn die nicht mehr da sind, dann kann das auch nicht mehr verarbeitet werden. Anders wird es dann verarbeitet, weniger und dann wirbelt das alles durcheinander. Das haben wir mal im Zusammenhang

mit Wasser gehabt, mit Nitrat, Nitrit, Ammonium und das wird dann so ein Kreis. Wo das genau her kommt, weiß ich nicht. Ammonium verschmutzt nicht, es ist ja automatisch im Boden drin, es muss da auch drin sein. Nur wenn der Wert stark hoch geht oder runter, das verbinde ich schon mit Umweltverschmutzung. Der Wert kann dadurch, dass es nicht abgebaut wird, erhöht oder gesenkt werden. Durch Organismen, die halt aussterben. Davon abhängig ist dann, dass andere Werte auch anders werden. Das hat Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit des Bodens. Dass Bäume nicht mehr wachsen oder wenn sie jetzt da stehen, dass sie absterben, weil dann nicht mehr genug Mineralien im Boden sind. Es hat die gleichen Auswirkungen, ob der Ammoniumwert steigt oder sinkt.

(489-510)

Angenommen, vorher haben Bäume auf dem Boden gestanden und die hat man alle raus gezogen, wenn da gar nichts mehr drin ist (keine Bäume, Pflanzen) in dem Boden und man macht einfach eine Schicht Asphalt oder Beton auf Boden, wo man vorher die Pflanzen raus gezogen hat, dann würde das erstmal so bleiben und nach gewisser Zeit würden dann halt kleinere Pflanzen durch den Asphalt durchwachsen und den kaputt machen. Das sieht man sogar auch bei Straßen, die sehr alt sind und in kleinen Bauerndörfern, auf dem Land. Im Boden an sich ändert sich nichts, wenn ich da oben eine Betonschicht drüber mache.

(511-523)

Außer der Umweltverschmutzung gibt es nichts, was den Boden gefährden kann, weil irgendwie hat alles was mit Umweltverschmutzung zu tun. Man könnte den natürlich auch überall total umgraben und dann hätte man den Lehm oben. Aber das würde sich dann auch in 50 bis 100 Jahren wieder so umdrehen, dass dann der Lehm oben seine Struktur komplett verändert hat.

(524-538)

Wasser hat viel Bedeutung für den Boden, weil es auch für die Struktur verantwortlich ist, für feuchten, nassen Boden. Für die Organismen wahrscheinlich auch, dass die auch Wasser brauchen. Ich weiß jetzt nicht, in welchem Zusammenhang. Das Wasser kommt da rein, nimmt wahrscheinlich irgendwelche Mineralien auf und zum Beispiel Bäume oder so, die ziehen dann das Wasser hoch durch die Wurzeln mit den Mineralien, die das Wasser dann im Boden aufgenommen hat. Es gibt bestimmt noch eine andere Bedeutung, ich weiß sie nur nicht.

(539-565)

Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Das sieht aus wie ein Bach, aber ich weiß nicht, ist da Wasser drin? Ich kann das nicht genau erkennen, wenn das hier so dreckiges Wasser ist. Es sieht mir aber nicht so aus, als ob da ein Bach hingehörte. Irgendwie sieht das mehr aus wie ein Bauernacker. Wodurch diese Ritze da entstanden ist, das kann ich mir nicht vorstellen. Wahrscheinlich durch Feuchtigkeit, das ist ja wie bei Erdrutschen, nur in diesem Fall im ganz geringen Maße. Dass es sehr viel geregnet hat. Dadurch ist das irgendwo in sich zusammengesackt. Warum an dieser Stelle, ist mehr Zufall, dass da die Struktur ein ganz bisschen anders war. Ich würde sagen, das hat eher keine Auswirkungen. Jedenfalls keine größeren. Man muss den wahrscheinlich wieder zuschütten, mit einem Trecker, dass der alles platt macht oder so.

(566-601)

Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: (Fabiano beschreibt die Bilder jeweils nacheinander): Ich würde sagen, hier ist der Boden wahrscheinlich sehr feucht, wo er rein gehauen ist. Hier sieht man durch den Schatten auch, dass es sehr warm ist oder trocken, der Boden ist schon trockener, hier wächst daneben ein Pflänzchen, ich weiß nicht, ob das wichtig ist. Und der Boden ist sehr stark getrocknet, es entstehen leichte Risse. Und hier sieht er extrem trocken aus, fast schon wie in der Wüste und da sind auch noch kleine Risse. Da ist der Nagel, hier ist er ganz drin im Boden. Hier guckt er so ein Stückchen raus. Und hier noch ein bisschen mehr. Ich würde sagen, dass ist dadurch, dass der Bo-

den zusammensackt, weil durch die Nässe hat er natürlich viel mehr Volumen. Da ist Wasser drin und wenn das durch Wärme kondensiert, dann wird der Boden härter und sackt in sich zusammen. Dadurch wird der Nagel ein bisschen rausgedrückt.

(602-609)

Wenn der Wind zu stark ist, dann reißt er die Bäume aus dem Boden. Aber sonst wüsste ich keine Bedeutung, die Wind für den Boden hätte.

(610-673)

Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Für mich sieht es aus, wie ein Acker, mit Schnee bedeckt oder so was. Dann ist es wahrscheinlich starker Wind, der da den feinen Sand, der da oben drauf liegt, durch die Gegend weht. Auswirkungen hat das schon, klar. Wenn das ein Acker ist, dann wird der Sand durch den starken Wind natürlich abgetragen und landet irgendwo anders und es wird eine kleine, andere Schicht frei geweht. Aber nur eine Schicht, die nur fünf bis zehn Zentimeter drunter ist. Also noch eine weiche Schicht. Nicht, dass man dann schon beim Lehm angekommen ist. Vielleicht hätte das geringe Auswirkungen. Aber eigentlich nicht. Vielleicht, dass der ganz staubige, trockene Sand von oben weggeweht ist und eine Schicht kommt, die noch ein bisschen Feuchtigkeit hat. Und wenn die Sonne dann wieder von oben dran kommt, dann wird sie so staubig, wie der Sand, der vorher da war. Dann wird sie auch noch weggeweht und vielleicht wird sie immer weiter abgetragen. Das könnte natürlich auch eine Auswirkung sein. Aber wenn man das jetzt über eine ganze Zeit sieht, zehn Jahre, und das dann immer wieder ein bisschen abgetragen wird, ein, zwei Zentimeter, hat das natürlich schon Auswirkungen. Dann verflacht das irgendwie, dass der Boden flacher wird, dass die Schichten verändert werden. Ich kann mir so schlecht vorstellen, dass das immer flacher wird, das muss ja auch irgendwie wo bleiben. Dann muss es ja woanders wieder höher werden. Ich denke, irgendwie gleicht sich das dann wieder aus. Ist schwer, weiß ich auch nicht so genau. Der Sand wird weggeweht, weil der ganz locker oben aufliegt auf dem härteren Sand. Dadurch, dass er so trocken ist, weil die Sonne von oben drauf kommt. Und wenn es dann stark windet, ist er natürlich leicht wegzuwehen. Nur der leichte Sand wird weggeweht. Ohne Wasser, der auch nicht verklumpt ist. Also es müssen schon ganz kleine Staubteilchen sein.

(674-709)

Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Extrem matschig. Es ist so, dass es wahrscheinlich viel geregnet hat. Da sind überall Pfützen. Ich weiß nicht, ob der Trecker dadurch gefahren ist, als es so matschig war, oder ob die Treckerspuren da schon vorher waren. Jedenfalls scheint der Boden so fest da drunter zu sein, dass das Wasser sehr langsam absickert, aber ich weiß nicht, wie lange der Regen jetzt her ist. Und dass es so viel Wasser ist (kurze Zeit zuvor geregnet hat), dass der Boden es nicht alles aufnehmen kann und es erstmal oben drauf liegen bleibt, weil es nicht rein (nicht so schnell einsickern) kann. Dass der Boden von der Struktur her so ist, dass es langsam einsickert, wenn es dann sehr viel regnet, dann bleiben natürlich die Pfützen da. Oder dass der Boden voll mit Wasser ist, ich weiß nicht, ob das funktioniert, dass er wirklich voll ist. Die Struktur ist so schlecht, dass die schon oben ziemlich lehmig ist. Das ist überall anders, die Schichten, wie das anfängt. Das kommt dadurch, dass der Bauer mit dem Trecker das jede Woche einmal platt walzt, um da irgendwie eine besondere Anbauart zu vollziehen. Der Bauer will wahrscheinlich den Boden für die Art von Anbau am besten nutzbar machen, indem er den Boden so präpariert. Mit Düngemitteln und auch mit Umpflügen und so was alles.

(710-741)

Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Für mich ist das der gleiche, nur dass der eine platt gewalzt ist. Und dadurch natürlich das Wasser durch das Feste schneller, ach langsamer durchsickert. Ich würde einfach sagen, das hier (das Feste) ist die Schicht, die eigentlich oben liegt, da, wo das Wasser aufliegt, dass es platt ist. Und dadurch, dass der Trecker manchmal darüber gefahren ist, würde ich das Lockere hier als dieses etwas höher Stehende sehen. Wenn das so fest gedrückt ist, haben vielleicht die Organismen weniger Freiraum. Oder dass da nichts wächst, was da nicht wachsen soll.

(742-762)

Begriff Bodenerosion: Erosion, ist das Bewegung? Da würde ich jetzt wahrscheinlich sagen, dass es was mit Bewegung zu tun hat, aber ich kann auch total daneben liegen. Dass der Boden durchgewühlt wird, durchgespült (durchs Regenwasser), so was in der Art. Erosion, das kommt mir irgendwie bekannt vor, aber ich weiß gar nicht, womit jetzt genau.

(763-793)

Begriff Bodenverdichtung: Bodenverdichtung, dass man die Struktur verdichtet, indem man Boden festdrückt und da zum Beispiel mehr oder weniger Wasser reintut oder abnimmt um den zu verdichten. Man verdichtet ihn, wenn man das Wasser abzieht? Nein, wenn man viel Wasser rein tut. Also ganz platt drücken und dass Wasser drin ist. Dass man ihn einfach hart macht. Also, Sommer- Winter würde ich sagen, wenn es jetzt kalt ist und der Boden total gefroren und hart ist oder wenn er im Sommer total trocken ist oder auch im Herbst, wenn es total nass ist. Ich würde sagen, da verändert sich die Bodendichte immer wieder. Aber das ist dann jedes Jahr so und nicht irgendwie schädlich, das gehört dann einfach so dahin.

(794-800)

Begriff Bodenversauerung: Das würde ich dann mit dem sauren Regen in Verbindung bringen. Der durch Abgase durch den Menschen verursacht ist.

(801-813)

Mich würde eher was im Bereich Forschung interessieren, dass ich jetzt wissen will, wie der Boden direkt funktioniert, wie der sich verändert und wodurch. Durch Abgase, alleine durch die Natur, nicht durch Abgase oder durch den Menscheneinfluss.

(814-838)

In der Schule haben wir nicht viel zum Boden gemacht, ein bisschen vielleicht zum Ammonium. Die Vorstellungen habe ich mir selber zusammengereimt. Dass es verschiedene Schichten gibt, ist auch mehr Schule. Ich weiß nicht, so was lernt man natürlich in der Schule, das kann ich nicht verhindern, dass ich das lerne, also wenn ich jetzt nie in der Schule gewesen wäre, dann würde ich vielleicht länger dafür brauchen, um erklären zu können, oder zu bemerken, dass da verschiedene Schichten sind. Wenn ich also ab und zu einen Baum rausziehe aus dem Boden oder tief grabe, irgendwann wird es dann schon schwerer, weil die Erde dann immer fester wird. Die Vorstellungen kommen von der Gartenarbeit.

Fabiano - Geordnete Aussage

Boden

Bodenproben Ansprache (1-25)

Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Das hier *(P2)* ist für mich feine Erde, das ist weicher, obwohl die auf der anderen Seite auch ein bisschen grob ist. Ist das absichtlich, dass die grob und fein ist? Die ist feucht, so wie sie aussieht. Und das hier *(P1)* sieht lehmiger aus, also da sind ja auch Steine drin. Es ist ein bisschen ein Mix aus Erde und Lehm. Es ist noch Erde in dem Sinne, aber es ist ja schon so Lehm dabei (lehmiger) *(P1)*.

Boden Begriffsbestimmung (26-75)

Lehm ist dichter, nicht so wasserdurchlässig. Wenn ich jetzt an Lehm denke, würde ich sagen, das ist so eine Mischung aus beige und braun.

Erde ist dunkler, richtig braun und eine weichere Masse. Von der Struktur her kommt bei Erde mehr Wasser durch.

Boden hat viele Schichten. Erde und Lehm sind Teile vom Boden. Und Lehm ist ziemlich weit unten und dieses, was ich als Erde bezeichnet habe, würde ich ziemlich weit (ganz) oben einordnen, dann

kommt da noch eine Mittelstufe, dann kommt das *(P1)*, dann kommt vielleicht noch eine Stufe und dann kommt richtiger Lehm. Stein ist auch im Bodenbegriff mit drin.

Boden Aufbau (26-75) (96-135) (136-187) (188-214)

Boden hat viele Schichten. Lehm ist ziemlich weit unten und Erde würde ich ziemlich weit (ganz) oben einordnen, dann kommt da noch eine Mittelstufe, dann kommt das *(P1)*, dann kommt vielleicht noch eine Stufe und dann kommt richtiger Lehm. Von Schicht zu Schicht wird es fester und die Struktur immer dichter, so dass immer weniger Wasser durchkommt. Da stehe ich, das ist mein Bein (Fuß) (Skizze Boden). Dann ist da eine weiche Masse, wo auch der Rasen drauf gewachsen ist, wie zum Beispiel die (dunklere) Erde. Dann kommt die nächste Schicht. Vom Maßstab mit meinem Fuß müssen Sie das nicht abhängig machen. Dann kommt auch Erde, nur dass die schon dichter wird, weil die halt fester ist, hier oben trampelt man noch drauf. Oben wird noch ein bisschen umgewühlt, durch Regen und so und hier unten wird das dann immer fester, weil es sich nicht wirklich bewegt. Ich würde sagen, das wird schon lehmiger. Und dann könnte auch schon bald der Lehm kommen. Dann müsste ja irgendwo das Grundwasser kommen, was dann so abfließt. Keine Ahnung, bildlich kann ich mir das nicht so vorstellen. Es gibt bestimmt noch ein paar Milliarden mehr Schichten und irgendwann kommt man dann zum Erdkern. Der Boden geht so zwei Meter tief herunter. Viel mehr nicht, passt ungefähr. Man merkt das ja auch, wenn man im Garten buddelt, dann kommt irgendwann eine andere Farbe raus. So nach dreißig, vierzig Zentimetern, spätestens. Unter dem Boden ist noch mehr Boden, ich weiß nicht. Ich kann mir das auch nicht genau vorstellen, wie das Wasser da abläuft. Das muss ja eigentlich dadurch gehen, also in derGrundschule haben die das mal so erklärt, glaub ich, oder ich hab es falsch (gesehen), dass dann hier das Grundwasser fließt. Hier ist eine Schicht, die total undurchlässig ist und dann fließt das hier einfach so daher, wie in einer Röhre. Ich glaube, so könnte ich es mir eigentlich nicht vorstellen, muss ich sagen. Das sickert dann einfach so ab. Ich weiß nicht, wo das dann hinkommt. Das kann ich mir nicht vorstellen.

Schichten Unterschiede (26-75) (136-187) (674-709)

Lehm ist dichter. Das ist nicht so wasserdurchlässig. Von der Struktur her kommt bei Erde mehr Wasser durch. Und durch die Farbe unterscheiden die sich natürlich. Erde ist dunkler, richtig braun. Lehm ist so eine Mischung aus beige und braun. Von Schicht zu Schicht wird es fester und die Struktur immer dichter, so dass immer weniger Wasser durchkommt. Die verschiedenen Schichten unterscheiden sich durch die Struktur, das untere ist ziemlich fest und lässt kaum was durch. Und da oben kommt es noch ein bisschen durch. Und irgendwann ist es so hart (fest), dass das Wasser überhaupt nicht mehr durchkommt und dass das dann abfließt einfach. Die Unterschiede kommen so zu Stande, dass es einfach noch mehr durchwühlt wird, hier ist es ziemlich locker (zeigt auf den oberen Teil der Skizze), da tritt man drauf und da kommt auch noch der Regen durch und kommt dann hier noch hin, aber hier bleibt schon das meiste drin (zeigt immer auf den unteren Teil). Das heißt, der Regen färbt das auch ein bisschen, wenn es nass wird. Je weniger durch kommt, desto verschiedener ist die Farbe. Und je härter ist das auch. Das ist einfach die Kraft, die darauf lastet. Hier oben ist ja viel mehr Gewicht. Diese drei Schichten haben ja viel mehr Gewicht zusammen auf diese und drücken das platter (fester), als wenn da jetzt nur eine Schicht über der ist. Wenn dann noch so ein paar Leute darüber wandern und die da Fußball spielen, drücken die das ja auch noch unten fester. Und dann erhöhen die das Gewicht noch und dann ist hier halt am meisten Gewicht drauf, was dann auch am plattesten drückt. Ich würde nicht sagen, dass die Grenzen so deutlich sind. Ich würde sagen, dass das so übergeht. Die Schichten, wie das anfängt, sind überall anders:

Boden Bestandteile (26-75) (76-95) (418-488)

Wenn ich mit einem Spaten draußen auf der Wiese ein Stück herausnehmen würde, würde ich Regenwürmer finden und andere kleine (nicht sichtbare) Tierchen, die ich nicht unbedingt kenne. Und wenn man es dann mikroskopieren würde, würde man natürlich auch ganz viele kleine Tierchen noch finden, die man so mit dem Auge nicht sieht. Oder mit einer Lupe schon. Außer den Tieren sind noch irgendwelche Eiweiße drin, ist ja Quatsch, weiß ich gar nicht genau und so Mineralstoffe und Wasser (Feuchtigkeit) auch. Vielleicht Regenwasser, was dann runter kommt. Ammonium ist im Boden drin.

Bodenentstehung (215-251) (252-274)

Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Das ist für mich ein Berg mit Gestein drauf. Diese Risse kommen wahrscheinlich durch irgendwelche Erschütterungen, wenn da zum Beispiel irgendwas drauf fällt oder durch Erdbewegungen. Das zweite, das ist ein Baum. Und hier ist der Boden, diese Erde, mehr die rechte *(P2)*, die ich beschrieben habe. Hier ist jetzt Gestein. Die anderen Stufen, die ich mir so gedacht habe, kann ich da nicht erkennen. Ich weiß auch gar nicht, ob das Absicht ist und wo dieses Gestein her kommt. Die Struktur des Gesteins ist auf beiden Bildern ähnlich, obwohl das hier auch lockere Steine sind, wo Wasser durchfließen kann. Und hier das ist richtig zu. Sonst gibt es weniger Zusammenhänge, weil hier das ziemlich unfruchtbar aussieht. Ich könnte mir wenig vorstellen, dass da was drauf wächst. Hier in diesem reichen Boden wächst ein Baum drin, und ich könnte mir nicht vorstellen, dass da irgendwo ein Baum aus dem Stein wächst. Da war vielleicht überall mal Wasser. Es ist mit der Zeit alles anders geworden, durch Eiszeit und so ein Quatsch und so ein Boden ist auch schon da. Wenn man zum Beispiel an der Nordsee ist und der Meeresspiegel sinkt ab, dann würde ich sagen, wird das nach einer Zeit so wie hier. Dass sich da dann auch so was entwickelt. Zum Beispiel im Watt. Da ist ja alles total matschig. Und da drunter sind dann auch so harte Lehmschichten und oben ist alles total matschig, weil das alles total durchnässt ist. Weil da manchmal auch viel Wasser drauf ist. Also, ich denke so ein Boden ist eigentlich da von Anfang an. Verändert sich natürlich durch verschiedene Klima.

Prozesse im Boden (418-488)

Wenn der pH-Wert sinkt, hat das auch zur Folge, dass das Ammonium nicht mehr so verarbeitet wird. Das wird ein ganz langer Prozess mit Nitrat, Nitrit und so was, das wird dann so ein Kreis. Da müssen dann auch die Organismen mitspielen. Wenn die nicht mehr da sind, dann kann das nicht mehr verarbeitet werden. Anders wird es dann verarbeitet, weniger, und dann wirbelt das alles durcheinander.

Mächtigkeit (188-214)

Der Boden geht so zwei Meter tief herunter. Viel mehr nicht, passt ungefähr. Man merkt das auch, wenn man im Garten buddelt, dann kommt irgendwann eine andere Farbe raus. So nach dreißig, vierzig Zentimetern, spätestens. Unter dem Boden ist noch mehr Boden, ich weiß nicht.

Bodenfunktionen (215-251) (275-323) (324-349) (350-359)

In diesem reichen Boden wächst ein Baum drin und ich könnte mir nicht vorstellen, dass irgendwo ein Baum aus dem Stein wächst. Wenn es den Boden nicht geben würde, dann wäre da nichts. Diese Erde oder alles? Nur noch Stein oder was meinen Sie jetzt, Stein ist doch auch im Bodenbegriff mit drin. Man sagt ja, wenn ich hier vom Stuhl falle, dann falle ich auf den Boden. Wenn der Boden an sich weg wäre, man den Boden unter den Füßen verliert, dann würde man fliegen, schweben. Und wenn man von dem Boden da draußen ausgeht, wäre für mich alles wie Stein oder Asphalt. Total hart. Da kann nichts wachsen. Dann wären wir nicht da. Dann wäre alles natürlich ganz anders gelaufen von der Erdgeschichte her. Wenn nichts wächst, dann ist ja auch kein Sauerstoff da. Zum Beispiel Photosynthese. Das hängt alles am Boden dran. Aus dem Boden kommt alles. Auch aus dem Wasser, aber im Wasser sind nicht so Pflanzen, die Photosynthese betreiben. Und wenn der Boden nicht wäre, wäre eventuell auch nur Wasser. Obwohl Wasser auch auf dem Boden ist. Dann würde es ja aussehen wie auf dem Mond. Da ist nichts da. Für Bauern ist er wichtig. Damit die ganzen Getreidesachen und alles wachsen. Wie zum Beispiel eine Kuh, die frisst den Rasen, der auf dem Boden wächst. Oder sehr viele (Elefanten) essen von den Bäumen. Wir essen Äpfel. Eigentlich hat jedes Lebewesen was mit dem Boden zu tun. Außer vielleicht einige Fische im Wasser. Boden begegnet mir überall. Man ist jederzeit auf Boden, wenn ich jetzt draußen bin, weil eigentlich alles auf Boden ist. Wenn man mit dem Fahrrad irgendwo herfährt, sieht man überall Erde am Rand oder Asphalt, der ist ja auch aus Boden. Da drunter ist Boden oder Kanalisation in diesem Fall jetzt hier.

Bodenveränderung / Bodenzerstörung

Veränderungen allgemein (360-377) (511-523)

Boden in 50 oder 1000 Jahren stelle ich mir gleich vor. Vielleicht verändert er sich stark oder weniger stark durch Umweltverschmutzung, also pH-Wert und Ammonium. Das weiß ich selbst nicht. Und sonst stell ich ihn mir ziemlich ähnlich vor. Außer wenn das Ammonium (pH-Wert) und alles anders wird, dass auch Organismen (kleine Tierchen, Einzeller) aussterben. Außer der Umweltverschmutzung gibt es nichts, was den Boden gefährden kann, weil irgendwie hat alles was mit Umweltverschmutzung zu tun. Man könnte den natürlich auch überall total umgraben und dann hätte man den Lehm oben. Aber das würde sich dann auch in 50 bis 100 Jahren wieder so umdrehen, dass dann der Lehm oben seine Struktur komplett verändert hat.

Umweltverschmutzung / Bodenversauerung (378-417) (418-488)

Begriff Bodenversauerung (794-800)

Das würde ich mit dem sauren Regen in Verbindung bringen, der durch Abgase durch den Menschen verursacht ist.

Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): *Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I*)

Phänomen (418-488)

Essig ist sauer, pH-Wert zwei. Ist natürlich extrem. Ich denke, das ist ein bisschen übertrieben mit dem „sauer wie Essig“. Ich weiß nicht genau den normalen pH-Wert von Böden. Der ist ja sowieso überall anders, aber sauer wie Essig, 2,0? Ich bring es schon damit in Verbindung, was ich gerade erzählt habe (saurer Regen), weil es natürlich dadurch schlechter wird, wahrscheinlich. Sonst würden sie es ja nicht an eine große Glocke hängen.

Ursachen (378-417) (418-488)

Der pH-Wert verändert sich zum Beispiel durch Wasser. Der pH-Wert des Wassers ändert sich auch ab und zu. Aber mehr kann der sich durch Umweltverschmutzungen, Abgase und so was ändern. Durch Öl, was abgelassen wird, verunreinigt. Düngemittel, die Bauern auf ihren Acker sprühen. Wasser fällt vom Himmel, in Form von Regen und sickert dann in den Boden ein. Und wenn das Wasser auch schon ein bisschen verunreinigt ist, dann kann das natürlich auch den pH-Wert verändern. Er wird saurer. Man spricht ja auch vom sauren Regen. Der wird durch Schwefelsäure oder Schwefelgase sauer. Wo das genau her kommt, weiß ich nicht. Ammonium verschmutzt nicht, es ist ja automatisch im Boden drin, es muss da auch drin sein. Nur wenn der Wert stark hoch geht oder runter, das verbinde ich schon mit Umweltverschmutzung. Der Wert kann dadurch, dass es nicht abgebaut wird, erhöht oder gesenkt werden. Durch Organismen, die halt aussterben. Davon abhängig ist dann, dass andere Werte auch anders werden.

Folgen (378-417) (418-488)

Dann würden die Organismen (Tiere) aussterben. Die Lebensverhältnisse würden sich ja ändern. Vielleicht macht es den Boden unfruchtbarer, dass durch den anderen pH-Wert nicht mehr so viel wächst. Da wurde der pH-Wert von einem Boden gemessen, einmal 1980 und einmal im Jahr 2000. 1980 haben wir einen pH-Wert von 6,5 und 2000 dann 4. Das ist nicht gut. Also, 6,5 scheint ja bei dem Boden Standard zu sein, dann leben dort natürlich auch Tiere und so was, die sich darauf einstellen. Wenn das in so schneller Zeit so drastisch sinkt, dann werden die wahrscheinlich mit den Lebensbedingungen nicht mehr klar kommen und sterben (aussterben). Und das hat dann zur Folge, dass das Ammonium, was ich auch genannt habe, nicht mehr so verarbeitet wird. Das wird ein ganz langer Prozess mit Nitrat, Nitrit und so was. Und da müssen dann auch die Organismen mitspielen. Und wenn die nicht mehr da sind, dann kann das auch nicht mehr verarbeitet werden. Anders wird es dann verarbeitet, weniger und dann wirbelt das alles durcheinander. Das haben wir mal im Zusammenhang mit Wasser gehabt, mit Nitrat, Nitrit, Ammonium, und das wird dann so ein Kreis. Das hat Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit des Bodens. Dass Bäume nicht mehr wachsen oder dass sie absterben, weil dann nicht mehr genug Mineralien im Boden sind. Es hat die gleichen Auswirkungen, ob der Ammoniumwert steigt oder sinkt.

Bebauen (489-510)

Ursachen: Angenommen, vorher haben Bäume auf dem Boden gestanden und die hat man alle raus gezogen, wenn da gar nichts mehr (keine Bäume, Pflanzen) drin ist in dem Boden und man macht einfach eine Schicht Asphalt oder Beton auf Boden, wo man vorher die Pflanzen raus gezogen hat.

Folgen: Das würde erstmal so bleiben und nach gewisser Zeit würden dann kleinere Pflanzen durch den Asphalt durchwachsen und den kaputt machen. Das sieht man sogar auch bei Straßen, die sehr alt sind und in kleinen Bauerndörfern, auf dem Land. Im Boden an sich ändert sich nichts, wenn ich da oben eine Betonschicht drüber mache.

Bedeutung Wasser (524-538)

Wasser hat viel Bedeutung für den Boden, weil es auch für die Struktur verantwortlich ist, für feuchten, nassen Boden. Organismen brauchen wahrscheinlich auch Wasser. Das Wasser kommt da rein, nimmt wahrscheinlich irgendwelche Mineralien auf und zum Beispiel Bäume oder so, ziehen dann das Wasser mit den Mineralien durch die Wurzeln hoch. Das Wasser hat die Mineralien im Boden aufgenommen. Es gibt bestimmt noch eine andere Bedeutung, ich weiß sie nur nicht.

Bodenerosion

Begriff Bodenerosion (742-762)

Erosion, ist das Bewegung? Ich würde sagen, dass es was mit Bewegung zu tun hat, aber ich kann auch total daneben liegen. Dass der Boden durchgewühlt wird, durchgespült (durchs Regenwasser), so was in der Art. Erosion, das kommt mir irgendwie bekannt vor, aber ich weiß gar nicht, womit jetzt genau.

Wassererosion

Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser

Ursachen (539-565) (566-601)

Das sieht aus wie ein Bach, aber ich weiß nicht, ist da (dreckiges) Wasser drin? Ich kann das nicht genau erkennen. Es sieht aber nicht so aus, als ob da ein Bach hingehörte. Das sieht mehr aus wie ein Bauernacker. Wodurch diese Ritze da entstanden ist, das kann ich mir nicht vorstellen. Wahrscheinlich durch Feuchtigkeit, das ist ja wie bei Erdrutschen, nur in diesem Fall in ganz geringem Maße. Dass es sehr viel geregnet hat. Dadurch ist das in sich zusammengesackt. Warum an dieser Stelle, ist mehr Zufall, dass da die Struktur ein ganz bisschen anders war.

Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode (Fabiano beschreibt die Bilder jeweils nacheinander)

Hier ist der Boden wahrscheinlich sehr feucht, wo der Nagel rein gehauen (ganz drin) ist. Hier guckt er so ein Stückchen raus. Man sieht durch den Schatten auch, dass es sehr warm ist oder trocken, der Boden ist schon trockener. Hier wächst daneben ein Pflänzchen, ich weiß nicht, ob das wichtig ist. Und hier sieht er extrem trocken (sehr stark getrocknet) aus, fast schon wie in der Wüste, und da sind (entstehen) auch noch kleine (leichte) Risse. Und hier noch ein bisschen mehr. Ich würde sagen, das ist dadurch, dass der Boden zusammensackt, weil er durch die Nässe natürlich viel mehr Volumen hat. Da ist Wasser drin und wenn das durch Wärme kondensiert, dann wird der Boden härter und sackt in sich zusammen. Dadurch wird der Nagel ein bisschen rausgedrückt.

Folgen (539-565)

Ich würde sagen, das hat eher keine (größeren) Auswirkungen. Man muss den Boden wahrscheinlich wieder mit einem Trecker zuschütten, dass der alles platt macht oder so.

Winderosion

Bedeutung Wind (602-609)

Wenn der Wind zu stark ist, dann reißt er die Bäume aus dem Boden. Aber sonst wüsste ich keine Bedeutung, die Wind für den Boden hätte.

Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind

Ursachen (610-673)
Für mich sieht es aus, wie ein Acker, mit Schnee bedeckt oder so was. Wahrscheinlich ist es starker Wind, der den feinen Sand, der oben drauf liegt, durch die Gegend weht.

Bedingungen (610-673)

Der Sand wird weggeweht, weil der ganz locker oben aufliegt auf dem härteren Sand. Dadurch, dass er so trocken ist, weil die Sonne von oben drauf kommt. Und wenn es dann stark windet, ist er natürlich leicht wegzuwehen. Nur der leichte Sand wird weggeweht. Ohne Wasser, der auch nicht verklumpt ist. Also, es müssen schon ganz kleine Staubteilchen sein.

Folgen (610-673)

Auswirkungen hat das schon. Wenn das ein Acker ist, dann wird der Sand durch den starken Wind natürlich abgetragen und landet irgendwo anders und es wird eine kleine, andere Schicht frei geweht. Aber nur eine Schicht, die nur fünf bis zehn Zentimeter drunter ist. Also noch eine weiche Schicht. Nicht, dass man dann schon beim Lehm angekommen ist. Vielleicht hätte das geringe Auswirkungen. Aber eigentlich nicht. Vielleicht wird der ganz staubige, trockene Sand von oben weggeweht und eine Schicht kommt, die noch ein bisschen Feuchtigkeit hat. Und wenn die Sonne dann wieder von oben dran kommt, dann wird sie so staubig, wie der Sand, der vorher da war. Dann wird sie auch noch weggeweht und vielleicht wird sie immer weiter abgetragen. Das könnte natürlich auch eine Auswirkung sein. Aber wenn man das über eine ganze Zeit sieht, zehn Jahre, und das immer wieder ein bisschen abgetragen wird, ein, zwei Zentimeter, hat das natürlich schon Auswirkungen. Dann verflacht das (der Boden wird flacher), dass die Schichten verändert werden. Ich kann mir so schlecht vorstellen, dass das immer flacher wird, das muss ja auch irgendwie wo bleiben. Dann muss es ja woanders wieder höher werden. Ich denke, irgendwie gleicht sich das dann wieder aus. Ist schwer, weiß ich auch nicht so genau.

Bodenverdichtung

Begriff Bodenverdichtung (763-793)

Bodenverdichtung heißt, dass man die Struktur verdichtet, indem man Boden festdrückt und da zum Beispiel mehr oder weniger Wasser reintut oder abnimmt um den zu verdichten. Man verdichtet ihn, wenn man das Wasser abzieht? Nein, wenn man viel Wasser rein tut. Also, ganz platt drücken und dass Wasser drin ist. Dass man ihn einfach hart macht. Wenn es kalt ist und der Boden total gefroren und hart ist oder wenn er im Sommer total trocken ist oder auch im Herbst wenn es total nass ist, verändert sich die Bodendichte immer wieder. Aber das ist dann jedes Jahr so und nicht irgendwie schädlich, das gehört dann einfach so dahin.

Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung und Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt
Ursachen (674-709) (710-741)

Das ist extrem matschig. Es ist so, dass es wahrscheinlich viel geregnet hat. Da sind überall Pfützen. Ich weiß nicht, ob der Trecker da durch gefahren ist, als es so matschig war, oder ob die Treckerspuren da schon vorher waren. Jedenfalls scheint der Boden so fest da drunter zu sein, dass das Wasser sehr langsam absickert, aber ich weiß nicht, wie lange der Regen jetzt her ist. Und dass es so viel Wasser ist (kurze Zeit zuvor geregnet hat), dass der Boden es nicht alles aufnehmen kann und es erstmal oben drauf liegen bleibt, weil es nicht rein (nicht so schnell einsickern) kann. Dass der Boden von der Struktur her so (schlecht, oben ziemlich lehmig) ist, dass es langsam einsickert. Wenn es dann sehr viel regnet, dann bleiben natürlich die Pfützen da. Oder, dass der Boden voll mit Wasser ist, ich weiß nicht, ob das funktioniert, dass er wirklich voll ist. Das ist überall anders. Die Schichten, wie das anfängt. Das kommt dadurch, dass der Bauer das mit dem Trecker jede Woche einmal platt walzt, um da irgendwie eine besondere Anbauart zu vollziehen. Der Bauer will wahrscheinlich den Boden für die Art von Anbau am besten nutzbar machen, indem er den Boden so präpariert. Mit Düngemitteln und auch mit Umpflügen und so was alles. Ich würde einfach sagen, die feste Bodenprobe ist die Schicht, die eigentlich oben liegt, da, wo das Wasser aufliegt, dass es platt ist. Und dadurch, dass der Trecker manchmal darüber gefahren ist, würde ich die lockere Bodenprobe hier als diese etwas höher Stehenden ansehen.

Folgen (674-709) (710-741)

Der Boden da drunter scheint so fest zu sein, dass das Wasser sehr langsam absickert, aber ich weiß nicht, wie lange der Regen jetzt her ist. Und dass es so viel Wasser ist (kurze Zeit zuvor geregnet hat), dass der Boden es nicht alles aufnehmen kann und es erstmal oben drauf liegen bleibt, weil es nicht rein (nicht so schnell einsickern) kann. Für mich ist das der gleiche, nur dass der eine platt gewalzt ist *(Boden zusammengedrückt)*. Und dadurch natürlich das Wasser durch das Feste schneller, ach langsamer, durchsickert. Wenn das so fest gedrückt ist haben vielleicht die Organismen weniger Freiraum. Oder, dass da nichts wächst, was da nicht wachsen soll.

Fabiano - Explikation

Charakteristika der Vorstellungen

Boden

Boden besteht für Fabiano aus vielen verschiedenen Schichten, die sich in ihren Eigenschaften wie der Struktur, Farbe, Festigkeit, Wasserdurchlässigkeit und Dichte unterscheiden. Diese Vorstellung hat viele Parallelen mit den aktuellen fachwissenschaftlichen Vorstellungen, nur dass Horizonte als Schichten bezeichnet werden. Erde, Lehm und Steine sind Teile vom Boden und bilden in unterschiedlicher Zusammensetzung die einzelnen Schichten. Diese Vorstellung wird in einer sehr schematischen und einfachen Skizze dargestellt, die nur die Einteilung des Bodens in einzelne Schichten mit klaren Grenzen und deren Bezeichnung mit *„Erde“, „fester“, „lehmiger“* und *„Lehm“* (123 ff.) zeigt. Die einfache Skizze unterstützt seine Aussage, dass er sich Boden *„bildlich“* nicht so gut vorstellen kann (133) (Abbildung 1).

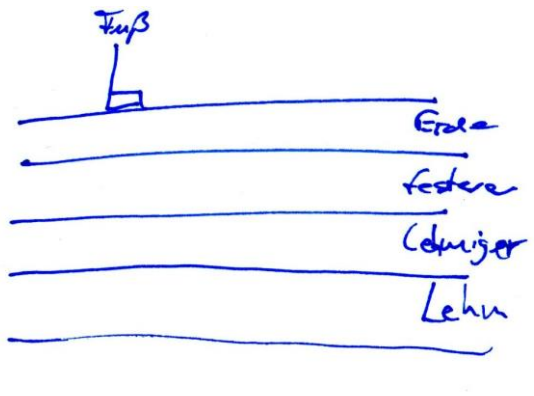

Abbildung 1: Skizze zum Bodenaufbau - Fabiano

Die Präzisierungen werden nur mündlich gemacht, von der Möglichkeit zu zeichnen wird weiterhin kein Gebrauch gemacht. Lehm ist nach Fabianos Aussagen dichter, nicht so wasserdurchlässig wie Erde und eher beige und braun gefärbt. Erde ist für ihn eine weiche Masse, dunkler, richtig braun und lässt mehr Wasser durch. Erde käme im Boden weiter oben vor, Lehm fände man weiter unten. Dazwischen gäbe es Mittelstufen. Von Schicht zu Schicht würde es nach unten hin immer fester, bis kein Wasser mehr durchkommt und einfach abfließt. Die Unterschiede werden von Fabiano durch Druck und unterschiedliche Feuchtigkeit begründet. Oben wäre der Boden durchwühlt und sei locker. Unten würde alles durch das Gewicht der Schichten, die Kraft die darauf lastet, platter, fester. Fabiano sagt, dass der Regen den Boden einfärbt: unterschiedliche Farben entstehen durch unterschiedlichen Wassergehalt und unterschiedliche Festigkeit des Bodens. Für Fabiano ist Boden auch so etwas wie eine Oberfläche.

Als Bestandteile des Bodens nennt Fabiano Regenwürmer und kleine, auch nicht sichtbare Tiere, Mineralstoffe und (Regen-) Wasser, Feuchtigkeit und Ammonium. Wie Boden oder Erde an sich zusammengesetzt ist, wird nicht näher erläutert.

Fabiano kann sich nicht vorstellen, dass Boden entsteht. Boden sei von Anfang an da und könne sich durch Klima, z.B. durch die Eiszeit, verändern oder käme dadurch, dass der Meeresspiegel absinkt, wie das Watt, zum Vorschein.

Fabiano geht während des Interviews nur in geringem Maße auf im Boden ablaufende Prozesse ein. Einzig beim Beispiel der Bodenversauerung stellt er einen Zusammenhang des Boden-pH-Wertes mit dem Stickstoffkreislauf her. Er sagt, dass nur noch ein verringerter bzw. veränderter Abbau von Ammonium stattfindet und erwähnt Nitrit und Nitrat als an diesem Prozess beteiligt.

Fabianos Aussagen zu den Aufgaben des Bodens beschränken sich auf die Lebensraum- und Produktionsfunktionen des Bodens. Der Boden würde für das Leben eine zentrale Rolle einnehmen. Ohne den Boden könnte nichts wachsen, die Pflanzen könnten keine Photosynthese betreiben und es gäbe keinen Sauerstoff. Dann wären die Menschen nicht da. Jedes Lebewesen (außer den Fischen) habe mit dem Boden zu tun, da es sich von den Pflanzen ernährt, die auf dem Boden wachsen.

Veränderungen

Fabiano meint, dass Boden in Zukunft gleich oder ähnlich bleibt. Veränderungen im Boden gäbe es durch Umweltverschmutzungen, wie die Veränderung von Ammonium und pH-Wert, die den Boden gefährden (Abbildung 2). Der Ammoniumwert könnte, wenn Organismen aussterben, durch das Ammonium, das nicht abgebaut wird, erhöht oder gesenkt werden. Dadurch würden auch andere Werte anders. Die Umweltverschmutzung hat für Fabiano entsprechend der vorher genannten Bodenfunktionen Auswirkungen auf die Lebewesen. Die Ursachen für die Bodenversauerung sieht Fabiano in der Umweltverschmutzung. Wenn Böden sauer werden, würde der pH-Wert sinken. Der Boden-pH-Wert könnte sich durch Wasser verändern. Der pH-Wert des Wassers wiederum würde sich durch Umweltverschmutzung wie Abgase, abgelassenes Öl, Düngemittel ändern. Fabiano stellt sich vor, dass verunreinigtes Wasser mit dem Regen vom Himmel fällt. Saurer Regen entsteht für Fabiano durch Schwefelsäure oder Schwefelgase. Als Folgen der Bodenversauerung nennt er veränderte Lebensverhältnisse und -bedingungen und das Aussterben von Organismen. Ferner würde der Boden schlechter und unfruchtbar, weil das Ammonium nicht mehr, weniger oder anders verarbeitet wird. Ferner wären durch die pH-Wert-Änderung nicht mehr genug Mineralien im Boden. Auch dadurch würde der Boden schlechter und die Lebensverhältnisse würden sich ändern. Bäume würden dann nicht mehr wachsen oder absterben.

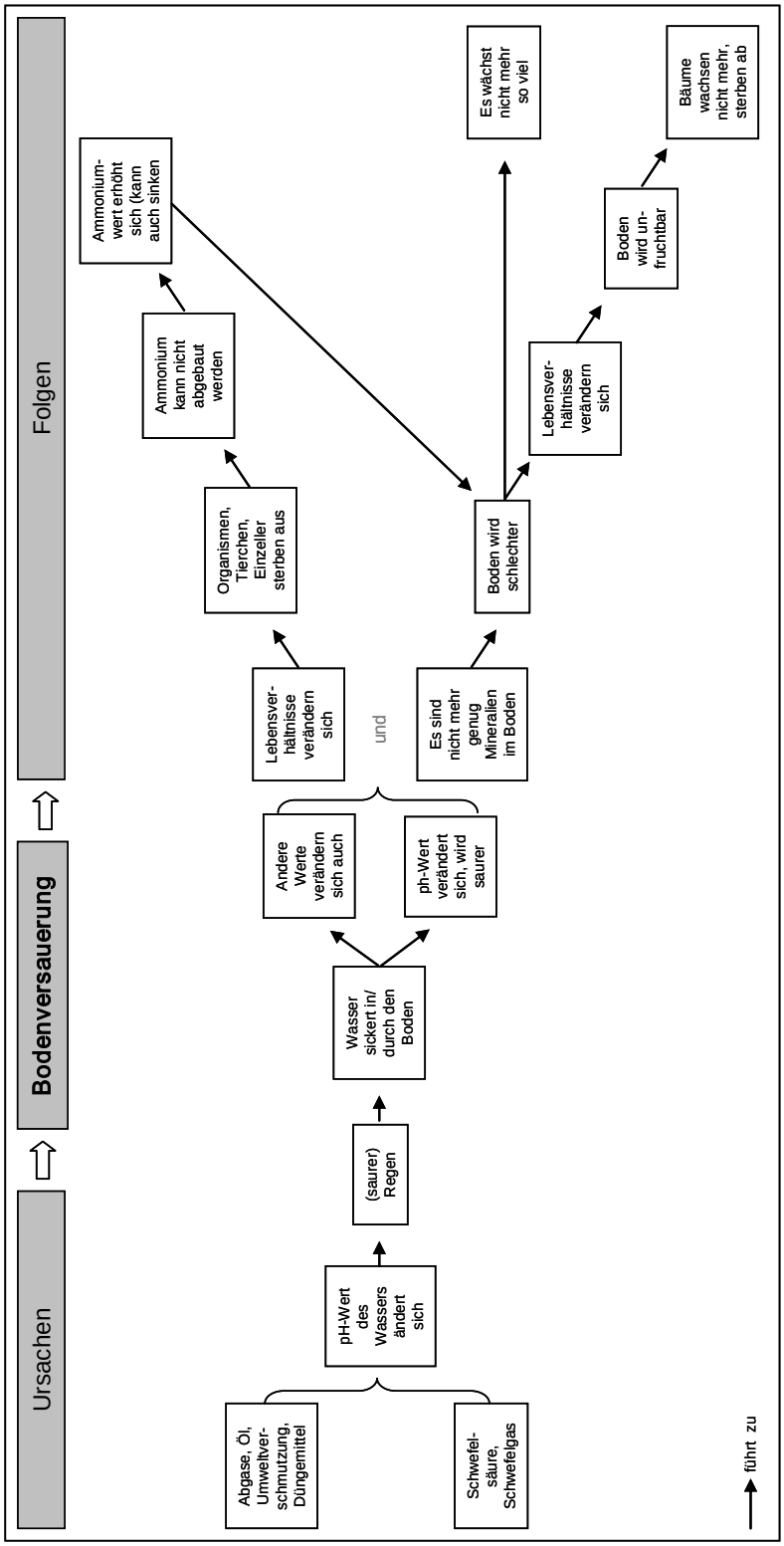

Abbildung 2: SLT – Fabiano: Bodenverschmutzung/ Bodenversauerung

Das Aufbringen einer Asphalt- oder Betonschicht über dem Boden hat nach Fabianos Vorstellungen für den Boden keine Auswirkungen, er bliebe so erhalten, wie er ist. Irgendwann würden kleine Pflanzen durch den Asphalt wachsen und ihn kaputt machen.

Das bildlich dargestellte Phänomen der Bodenerosion (*Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser*) bezeichnet Fabiano als Ritze auf einem Acker, die durch Feuchtigkeit bzw. viel Regen, wie bei einem Erdrutsch entstanden ist. Der Boden wäre an dieser Stelle aufgrund einer abweichenden Struktur zusammengesackt. Auswirkungen werden nicht genannt, außer, dass diese Ritze mit einem Traktor wieder zugeschüttet werden müssten. Auch das Hervorstehen der Nägel bei der Nagelmethode erklärt

Fabiano durch ein Zusammensacken des Bodens (*Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode)*. Bei Nässe hätte der Boden ein größeres Volumen. Trocknet der Boden, würde das Wasser durch Wärme kondensieren, der Boden würde härter und in sich zusammensacken. So käme es dazu, dass der Nagel hervorsteht. Mit „kondensieren“ meint Fabiano jedoch eher die Verdunstung. In der Struktur-Lege-Technik werden beide Erscheinungen zu einem Strukturbild vereint, da es sich nach Fabiano um die gleichen Phänomene handelt (Abbildung 3).

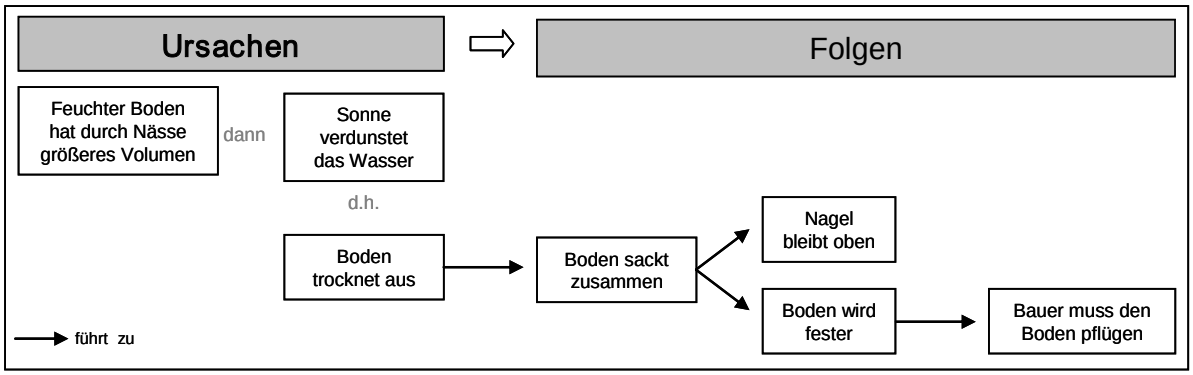

Abbildung 3: SLT – Fabiano: Nagelmethode

Die beiden Prozesse der Abtragung und Ablagerung bei der Winderosion sind Fabiano bewusst (Abbildung 4). Durch starken Wind könnten leichter Sand und kleine Staubteilchen abgetragen und woanders wieder abgelagert werden. Dabei würde die darunter liegende Schicht, die feuchter ist, freigelegt. Diese Schicht würde durch die Sonne getrocknet und der gleiche Prozess liefe wieder ab. Der Boden könnte immer flacher werden. Da der Boden an einer anderen Stelle höher werden muss, geht Fabiano aber davon aus, dass sich das irgendwie ausgleicht.

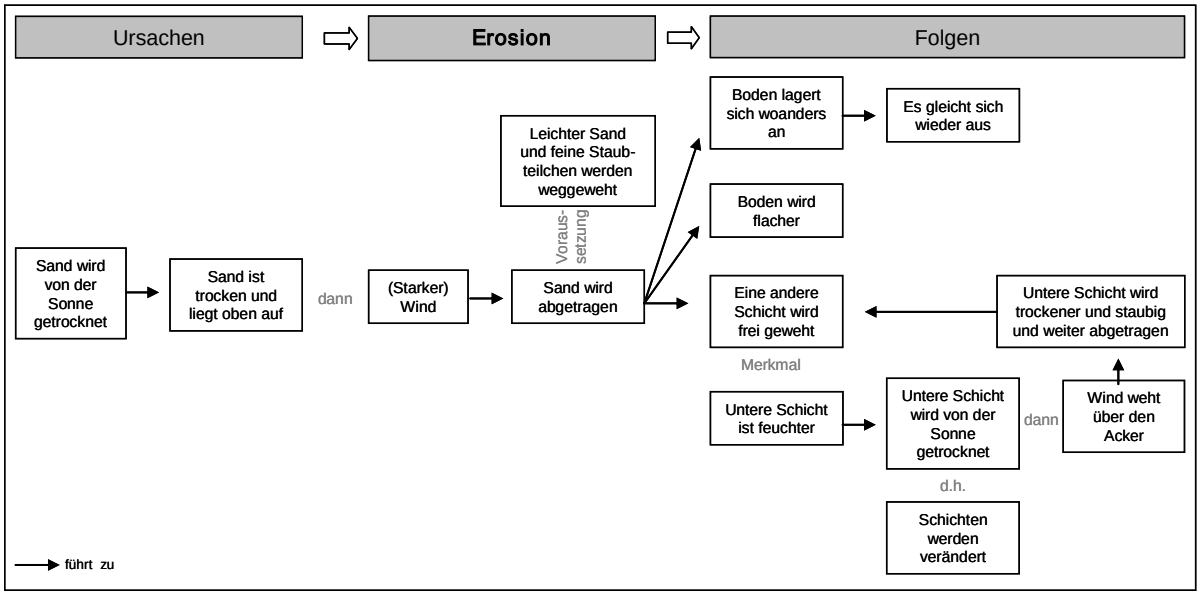

Abbildung 4: SLT – Fabiano: Bodenerosion durch Wind

Für das Phänomen, dass Wasser auf dem Boden stehen bleibt, hat Fabiano verschiedene Erklärungsansätze (Abbildung 5). Erstens könnte der Boden an diesen Stellen fester sein, so dass das Wasser nur sehr langsam absickert. Oder es hätte so viel geregnet, dass der Boden es nicht alles aufnehmen kann und es erstmal oben liegen bleibt. Ferner nennt er die Möglichkeit, dass der Boden von seiner Struktur her so schlecht oder lehmig sein könnte, dass das Wasser nur langsam einsickern kann. Als Ursache für den festen Boden nennt Fabiano die Bearbeitung des Bodens mit einem Trecker, der darüber fährt und alles platt walzt, um eine bestimmte Anbauart einzusetzen. Aus Fabianos Aussagen lässt sich erschließen, dass das Verfestigen des Bodens an sich die Bearbeitung darstellt und bewusst herbeigeführt wird, um das Wachstum bestimmter Pflanzen zu verhindern. Als Folgen der Verdichtung nennt

er, dass Wasser nicht so schnell einsickern kann und erstmal oben liegen bleibt und dass Organismen weniger Freiraum haben.

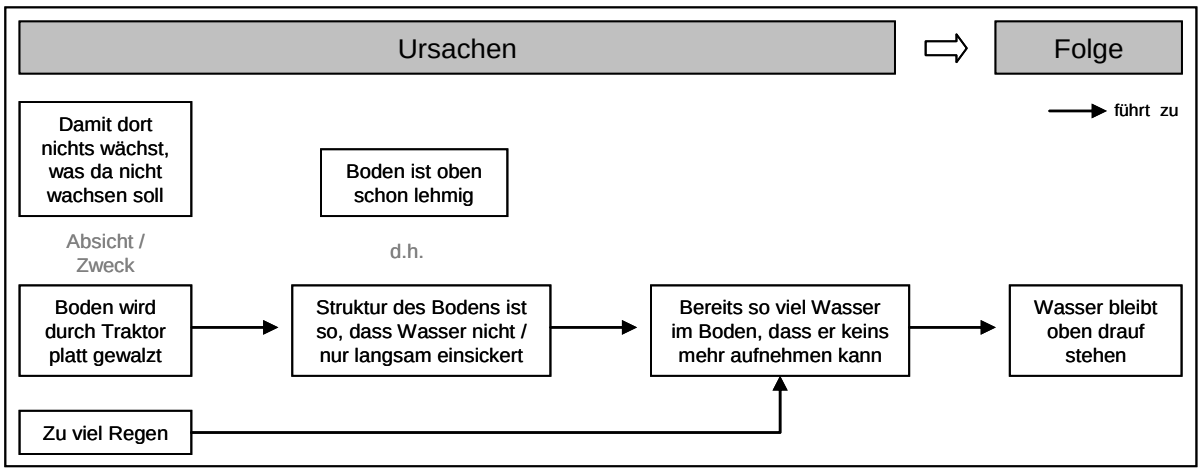

Abbildung 5: SLT – Fabiano: Bodenverdichtung

Bedeutung von Begriffen

Den Begriff *Boden* benutzt Fabiano einerseits im alltäglichen Sprachgebrauch im Sinne von Fußboden oder Oberfläche aber auch, den Fachwissenschaften ähnlich, als in Schichten gegliederten oberen Teil der Erdoberfläche.

Unter *Bodenversauerung* versteht er die Beeinflussung des Bodens durch den sauren Regen und die zu diesem Phänomen beschriebenen Ursachen und Folgen.

Bodenerosion hat für Fabiano etwas mit Bewegung zu tun, dass der Boden durchwühlt oder durch Regenwasser durchgespült wird. In der Bedeutung dieses Begriffes ist er sich aber nicht sicher.

Bodenverdichtung erklärt Fabiano mit der Verdichtung der Struktur des Bodens durch Festdrücken oder dem Hinzufügen von Wasser zum Boden. Der Boden würde hart gemacht. Die Bodendichte würde sich im Laufe der Jahreszeiten durch Frost, Feuchtigkeit und Trockenheit ändern, das wäre aber nicht schädlich für den Boden.

Die Verwendung der Begriffe Bodenverdichtung und Bodenversauerung im Unterricht würden bei Fabiano eher lernförderlich wirken, da sie seinen eigenen Vorstellungen sehr nahe kommen.

Sprachliche Aspekte

Fabiano unterscheidet deutlich zwischen Boden, Erde und Lehm, wobei Erde und Lehm zum Boden gehören. Der Bodenbegriff wird dem Fachbegriff entsprechend gebraucht. Bei Bodenhorizonten spricht Fabiano jedoch von *„Schichten“* (53; 63) und *„Stufen“* (233). Widersprüchlich zum wissenschaftlichen Bodenbegriff ist die Aussage, dass Asphalt auch aus Boden ist (355).

Weiterhin wird der Bodenbegriff im alltäglichen Sinne genutzt und durch Sprichworte verdeutlicht. Er sagt: *„Wenn ich jetzt vom Stuhl falle, falle ich auf den Boden“* (282), oder *„Wenn der Boden weg ist, verliert man den Boden unter den Füßen, dann würde man schweben oder fliegen, dann wäre da nichts“* (291 ff.).

Fabiano wertet Gestein als unfruchtbar und bezeichnet den Boden als *„reichen Boden*“ (250), in dem Bäume wachsen.

Im Zusammenhang mit der Bodenerosion spricht Fabiano davon, dass Wasser, wenn der Boden trocknet, kondensiert. Hier wird der falsche Fachbegriff verwendet. Anscheinend meint Fabiano, dass Wasser verdunstet.

Herkunft

Die unterschiedliche Farbgebung im Boden und die verschiedenen Schichten kennt Fabiano durch Gartenarbeit. Als weitere Quellen gibt er den Unterricht in der Grundschule an, in welchem anschei-

nend das Thema Grundwasser behandelt wurde. Im Gymnasium wurde das Thema Boden im Bio-Chemie-Kurs behandelt, als Beispiel wurde Ammonium genannt und dass Boden aus verschiedenen Schichten besteht. Aus eigenen Erfahrungen kennt Fabiano das Phänomen der Bodenversiegelung und dass Pflanzen nach einiger Zeit durch den Asphalt wachsen können. Dies beschreibt er an alten Straßen. Dieses Bild wird jedoch auch durch die Medien stark verbreitet.

Widersprüche, Brüche, Probleme, Interessen

Die Mächtigkeit des Bodens ist für Fabiano schwer abzuschätzen und vorzustellen. Er sagt zwar, dass der Boden etwa zwei Meter tief runter geht (191), erweitert seine Aussage jedoch, dass unter dem Boden noch mehr Boden kommt (200) und die verschiedenen Schichten bis zum Erdkern reichen (143).

Bodenentstehung ist für Fabiano ein schwieriges Thema. Er kann sich nicht vorstellen, dass Boden entstehen kann. Er geht davon aus, dass Boden schon immer da war, sich aber verändern kann (252-274). Er könnte sich vorstellen, dass überall Wasser war, der Meeresspiegel gesunken ist und sich dann auch Boden entwickelt hat, z.B. aus dem Watt, unter dem er Lehmschichten vermutet. Diese Vorstellungen von einer allgemeinen, als Diluvium bezeichneten, Erdüberflutung wurde im 19. Jh. unter Wissenschaftlern diskutiert und bereits 1865 von FALLOU als falsch angesprochen.

In Bezug auf das Bild zur Bodenentstehung kann Fabiano sich nicht erklären, wie das Gestein an diese Stelle gekommen ist. Daraus kann man vermuten, dass er von einer ubiquitären Bodenbedeckung ausgeht. Nicht das Vorhandensein des Bodens, sondern das Vorhandensein des Gesteins wird infrage gestellt.

Fabiano ist klar, dass Boden durch das Zusammendrücken dichter wird. Er bringt die Verdichtung des Bodens auch mit Wasser in Zusammenhang, widerspricht sich jedoch und verbessert sich, indem er erst angibt, dass bei der Bodenverdichtung Wasser entzogen wird, dann aber sagt, dass Wasser hinzukommt (763-793). Vorher hat er im Zusammenhang mit der Bodenerosion angegeben, dass Boden durch viel Regen zusammensackt. Dies wiederum widerspricht der Aussage, dass Boden mehr Volumen hat, wenn Wasser drin ist und beim Austrocknen aushärtet und zusammensackt (566-601).

Im Interview stellt Fabiano die Ursachen „Viel Regen“, „Plattwalzen“ und „Schlechtere, lehmige Struktur“ als unterschiedliche Ursachen nebeneinander. Während der SLT macht Fabiano aus den letzten beiden Aussagen eine Folge-Kette (siehe Abbildung 2). Es ist deshalb nicht klar zu erkennen, ob Fabiano glaubt, dass der Boden durch die Bearbeitung bzw. das „Plattwalzen“ mit dem Traktor eine andere Struktur bekommt und lehmig wird, oder ob die andere, lehmige Struktur auch vorher schon bestand.

Fabiano interessiert sich für die Funktionsweise des Bodens, wie er sich verändert und ob diese Veränderungen natürlich oder durch den Menschen beeinflusst sind.

Fabiano - Einzelstrukturierung

Konzepte zum Boden

Begriffe

Boden als:

- *Schichten:* Boden besteht aus vielen Schichten und
- *Fläche:* Boden kann eine (Ober-)Fläche sein.

Erde und Lehm sind Bestandteile des Bodens: Erde kommt im Boden weiter oben, Lehm weiter unten vor.

Boden Aufbau

Schichten: Boden besteht aus unterschiedlichen Schichten.

Unterschiede in den Schichten: Die Schichten unterscheiden sich durch ihre Eigenschaften (Struktur, Farbe, Festigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Dichte).

Veränderungen mit der Tiefe: Erde kommt eher oben, Lehm eher unten im Boden vor, dazwischen gibt es Mittelstufen. Boden wird von oben nach unten immer fester, dichter und somit wasserundurchlässiger.

Erde und Lehm sind unterschiedlich: Erde ist eine weiche Masse, dunkler, braun und eher wasserdurchlässig, Lehm ist beige-braun, dichter und lässt nur wenig Wasser durch.

Ursachen für Unterschiede: Druck von auflastendem Gewicht und Feuchtigkeit bedingt die Unterschiede (Festigkeit, Dichte, Farbe) in den Schichten. Der obere Bereich wird umgewühlt.

Undurchlässige Schicht: Auf der undurchlässigen Schicht fließt das Grundwasser.

Bodenbestandteile

Lebende Organismen: Im Boden sind Regenwürmer, kleine, auch nicht sichtbare Tiere.

Anorganische Bestandteile: Im Boden sind Mineralstoffe, Ammonium und Wasser.

Vorkommen

Boden ist unterschiedlich: Die Schichten und wie sie anfangen ist überall anders.

Bodenentstehung

Boden von Anfang an: Boden ist von Anfang an da.

Bodenveränderungen: Boden kann sich durch Klima (Eiszeiten) verändern.

Zeit: Mit der Zeit wird alles anders.

? *Allgemeine Überflutung:* Vielleicht war überall mal Wasser.

Aus Meeresboden wird Boden: Wenn der Meeresspiegel absinkt, entwickelt sich Boden, z.B. im Watt.

Prozesse im Boden

Verarbeitung von Ammonium: Im Boden wird in einem langen Prozess mit Nitrat und Nitrit, an dem Organismen beteiligt sind, Ammonium verarbeitet.

Bodenfunktionen

Lebensgrundlage: Bäume, Pflanzen wachsen im Boden und betreiben Photosynthese. Lebewesen (Menschen) brauchen den Sauerstoff und ernähren sich von den Pflanzen.

Produktionsfunktion: Boden ist wichtig für die Nahrungsmittelproduktion (z.B. Getreide).

Trägerfunktion: Boden dient als Grundlage, Oberfläche. Verliert man den Boden unter den Füßen, würde man schweben.

Veränderungen im Boden

Keine Veränderungen: Boden bleibt in Zukunft gleich oder ähnlich.

Umweltverschmutzung: Boden kann durch eine Veränderung des pH- oder Ammonium-Wertes gefährdet werden.

Konzepte zur Bodenzerstörung

Bodenversauerung/Umweltverschmutzung

Phänomen Bodenversauerung: Wenn Böden sauer werden, sinkt der pH-Wert.

pH-Wert-Änderungen: Der pH-Wert des Wassers ändert sich manchmal. Der pH-Wert des Bodens kann sich durch Wasser verändern.

Ursachen

Umweltverschmutzung: Der pH-Wert des Wassers und damit des Bodens ändert sich durch Umweltverschmutzungen wie Abgase, abgelassenes Öl, versprühte Düngemittel.

Saurer Regen: Saurer Regen entsteht durch Schwefelsäure oder Schwefelgase.

Belastungspfad: Wasser (Saurer Regen) fällt vom Himmel und sickert in den Boden ein. PH-Wert und andere Werte verändern sich.

Folgen

Organismen sterben >Boden wird unfruchtbar: Lebensverhältnisse verändern sich, Organismen (Tiere) sterben durch die Umweltverschmutzung. Dadurch wird das Ammonium nicht mehr abgebaut mit den entsprechenden Folgen. Weiterhin sind nicht mehr genügend Mineralien im Boden, der Boden wird dann schlechter und unfruchtbar und es kann nicht mehr so viel wachsen, Bäume sterben ab.

Zusammenhang von Ammonium und pH-Wert: Ammonium wird nicht mehr abgebaut und der Wert steigt oder sinkt. Dadurch verändern sich auch andere Werte wie der pH-Wert.

Begriff Bodenversauerung: Der Begriff wird mit der Schlagzeile *(Material 5,* Anhang I) und mit saurem Regen in Zusammenhang gebracht.

Bebauung

Folgen Bodenversiegelung: Bodenversiegelung hat für den Boden keine Auswirkungen.

Pflanzen wachsen durch Asphalt: Nach längerer Zeit wachsen Pflanzen durch den Asphalt und machen ihn kaputt.

Bedeutung des Wassers für den Boden

Wasser und Bodenstruktur: Wasser ist für die Struktur des Bodens verantwortlich, für nasse, feuchte Böden.

Wasser nimmt Mineralien auf: Wasser nimmt im Boden Mineralien auf. Bäume ziehen dieses Wasser mit den Mineralien dann mit den Wurzeln hoch.

Wassererosion

Einsacken: Dadurch, dass es sehr viel geregnet hat, sackt der Boden an bestimmten Stellen in sich zusammen. Diese Teile haben eine andere Struktur.

Erdrutsch: Ein Riss im Boden kann durch Feuchtigkeit, wie bei einem Erdrutsch, entstehen.

! Volumenveränderung durch Nässe: Nasser Boden hat viel mehr Volumen. Wenn der Boden trocknet wird der Boden hart und sackt zusammen.

Keine Folgen durch den „Riss“: Es gibt keine weiteren Folgen, außer dass man den Riss mit einem Trecker wieder zuschüttet.

Bedeutung des Windes für den Boden

Starker Wind: Wenn der Wind zu stark ist, reißt er Bäume aus dem Boden.

Winderosion

Abtragung: Sand wird abgetragen und eine andere Schicht, die noch etwas feuchter ist, wird frei geweht.

Ablagerung: Der abgetragene Sand landet woanders wieder.

Ursache

Wind: Wind weht feinen Sand durch die Gegend.

Bedingungen

Feuchtigkeit, Größe, Gewicht: Trockener, lockerer, leichter Sand und kleine Staubteilchen, die oben aufliegen, werden weggeweht.

Wiederholbarkeit der Erosion: Sand wird abgetragen, die Sonne trocknet die freigelegte Schicht. Diese wird so trocken wie die vorher aufliegende und kann wiederum weggeweht werden.

***Folgen** der Winderosion:* Verläuft der Prozess über längere Zeit verflacht, der Boden und die Schichten ändern sich. Woanders muss es dann höher werden.

Ausgleich: Irgendwie gleicht sich das dann wieder aus.

Begriff Bodenerosion: Erosion hat was mit Bewegung zu tun. Boden wird durchgewühlt, durchgespült mit Wasser.

Bodenverdichtung

Ursachen

Fester Boden: Boden ist so fest, dass das Wasser nur langsam absickert. Der Boden wird durch den Trecker für eine bestimmte Anbauart präpariert und dadurch platt gewalzt.

? Z*u viel Regen:* Es ist so viel Wasser, hat kurz vorher geregnet, dass der Boden nicht alles aufnehmen kann und es bleibt oben drauf liegen.

Schlechte Struktur: Der Boden ist von seiner Struktur so schlecht oder oben ziemlich lehmig, das dass Wasser nur langsam einsickert.

Folgen

Wasserdurchlässigkeit: Wasser sickert durch das Feste langsamer durch.

Freiraum: Vielleicht haben Organismen in festgedrücktem Boden weniger Freiraum.

Jahreszeiten: Innerhalb der Jahreszeiten verdichtet sich der Boden durch Frost, Feuchtigkeit und Trockenheit. Das ist natürlich und nicht schädlich.

Begriff Bodenverdichtung: Die Struktur des Bodens wird durch Festdrücken verdichtet oder dadurch, dass man mehr Wasser reintut. Der Boden wird hart.

Interview 4: Paula (16 Jahre alt)

Paula – Redigierte Aussage

(1-10)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Das ist eher so fester Ackerboden *(P1)* wenn man umgräbt und das ist so feine Blumenerde, wie man es kauft *(P2).*

(11-39)
Ackerboden oder Acker, Erde ist ja irgendwie beides, der Boden. Aber man sagt ja eher Blumenerde, obwohl es eigentlich dann auch der Boden ist, wenn man das dann in Beete macht, dann ist es auch Erdboden. Erde ist eher fein und das, was man kaufen würde. Boden eher das, was schon fest ist. Im Garten unten unter dem Gras (in Beeten, überall, unter dem Asphalt), was da schon immer (lange) ist. Ich würde das eher als Boden benennen. Ich wüsste jetzt nicht, was ich groß als Unterschiedsmerkmale nennen würde zwischen Erde und Boden. Wahrscheinlich habe ich dazu nur Erde gesagt, weil man es als Definitionsbegriff dafür bekommt. Boden ist ja eigentlich überall drunter.

(40-60)
Der Boden ist nicht nur eine Schicht, es gibt ja mehrere Schichten. Das ist so die oberste Schicht (Proben) wenn man von oben (von uns) ausgeht, wo auch Pflanzen drauf sind oder Lebewesen. Darunter kommen dann noch mehrere, was auch immer für Schichten.
(61-82)
Wenn ich mit einem Spaten ein Stück Boden raus hebe, würde ich irgendwelche Kleintiere (Regenwürmer, Käfer) oder Wurzeln von irgendwelchen Blumen (Pflanzen) finden. Je nachdem, wie tief es ist, dann kommt noch eine Sandschicht oder so drunter, das vielleicht noch vermischt ist. Je nachdem, wo man gräbt, ist es mal heller, mal dunkler. Im Boden sind auch Nährstoffe, die für die Pflanzen wichtig sind und für die Tiere, die darin leben. Aber die sieht man nicht auf Anhieb.

(83-106)
Wenn man davon ausgeht dass das der Rasen ist, dann weiß ich jetzt nicht, wie weit der Boden ist, dann kommt hier eine Schicht Boden und dann Sand. Oder oft auch so etwas Festeres, nicht direkt Steine, sondern so, ich weiß nicht was das ist, aber es ist nicht mehr so ein Boden, sondern auch fester, mit dem Sand vermischt und irgendwann die ganzen anderen Sachen, bis wir zu der Mitte kommen. Ich weiß nicht, was da noch drunter ist.

(107-126)
So im Garten, wenn man gräbt, ist das nicht mehr als einen Meter. Dann kommt, glaube ich, immer noch Boden, aber nicht mehr nur so reiner Ackerboden, sondern ein Gemisch. Das ist mal heller, mal dunkler, wie weit das geht. Das ist bestimmt ziemlich tief. Bis man irgendwann mal in der Mitte angelangt ist, ist schon ziemlich weit, das heißt der Boden wird bestimmt auch tief sein. Fünf, sechs, sieben Meter, oder noch mehr.

(127-138)
Die unterschiedlichen Farben entstehen je nachdem, aus welcher Zusammensetzung das ist. Welche Faktoren da mit drin sind und wo sich der Boden befindet. Ob nass, ob trocken, das ist auch wieder unterschiedlich.
Der *(P2)* ist auch dunkler als der *(P1).*

(139-196)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Das Bild sieht fast aus wie meins. Hier der Baum mit seinen Wurzeln in der Erde, die man finden würde, wenn man graben würde und das ist bestimmt eine Wiese oder ein Feld. Und da kommt dann dieses, was fester wird, Steine. Erst kleiner, das könnten Brocken sein und dann kommen irgendwann festere Steine. Das hier ist noch Boden, wo Pflanzen sind und wenn man dann weiter hoch geht, nimmt das immer mehr ab, da ist gar kein Boden mehr, da ist halt nur noch dieser Abhang. Das heißt, wahrscheinlich ist gar nicht überall Boden. Sondern nur an manchen Stellen. Vielleicht weil das noch so ein kleiner Berg ist, wo kein direkter Boden drin ist und der

nur aus Gestein besteht. Dann hat das immer mehr abgenommen, ist immer mehr Sand, äh Boden von der anderen Seite hinzugekommen. Wenn das Bild hier weitergehen würde, war da schon immer ein Feld oder Boden und das hat sich dann immer mehr angenähert (angeglichen). Hier sieht man den Übergang. Hier war wahrscheinlich auch nur Stein und bis dann der Boden kam und das hat sich dann über die Zeit vermischt. Vielleicht nimmt das immer mehr ab. Man sieht, dass es hier noch ganz fest ist und hier geht es immer mehr kaputt und der Sand, äh der Boden wird immer mehr dahin abgetragen. Der Boden wird da irgendwie von einer Stelle, wo vorher mehr Boden ist, hingebracht. Ich denke, es ist wahrscheinlicher, dass der Boden hier vorher nicht war, sondern dahin gekommen ist, als andersherum. Dass hier Boden war und das (Gestein) dahin gekommen ist, weil das ja fester ist. Ich weiß nicht, wie weit, vielleicht doch Kilometer lang. Der Boden kommt von einer anderen Stelle auf diese Steine drauf, weil das hier so aussieht als sei da auch Stein gewesen. Als wäre es immer weniger geworden, weil das immer brüchiger wird von hier nach da.

(197-223)
Ich glaube schon, dass es Boden schon immer gibt. Müsste ja, weil es auch schon immer Pflanzen gegeben hat. Wobei die vielleicht vorher ihre Wurzeln woanders gehabt haben. Vielleicht gibt es Boden nicht von Anfang an, sondern dass sich das durch irgendwelche Umstände aus irgendwas entwickelt hat oder entstanden ist. Durch was das entstanden ist und welche Umstände (Klimaveränderungen vielleicht) man dafür braucht, wüsste ich jetzt nicht. Ich denke, es dauert ziemlich lange, bis Boden entsteht, es entsteht ja nicht von jetzt auf gleich. Auf der ganzen Welt und überall, das dauert bestimmt seine Zeit.

(224-256)
Wenn es den Boden nicht geben würde, hätten die Pflanzen keinen Untergrund, und die Tiere (Regenwürmer, Käfer, Maulwürfe) keinen (nicht den) Lebensraum. Vielleicht würden sie, wenn sie sich dem Boden nicht so angepasst hätten, woanders leben und hätten einen anderen Boden. Aber erstmal würde man davon ausgehen, dass Pflanzen und Tiere keinen Lebensraum hätten, weil man einen Baum nicht einfach auf die Straße stellen kann, der braucht irgendwo seine Wurzeln, die im Boden sind. Wenn es den Boden nicht geben würde, weiß ich nicht, inwiefern wir dann auf der Erde leben könnten, er wichtig ist, dass wir darauf erstens bauen können und darauf stehen, leben können. Wenn es den nicht geben würde, vielleicht wäre die Schicht, die dann darunter kommt, wenn man von Sand jetzt mal absieht, nicht so, dass wir darauf leben könnten. Weil die nicht das hat, was der Boden uns gibt oder was wir aus dem Boden haben. Für die Pflanzen und Tiere hat er auf jeden Fall Nährstoffe. Wir brauchen den um mit ihm zusammen zu leben, dass wir da unsere Wurzeln haben oder dass wir die Nährstoffe brauchen, darauf leben und unsere Pflanzen darauf anbauen.

(257-268)
Ich würde nicht sagen, dass ich eine besondere Beziehung zum Boden habe, aber schon, dass es halt lebenswichtig ist für uns alle. Weil ich glaube, dass wir auf der Schicht darunter nicht leben könnten. Und andere Lebewesen leben darin.

(269-281)
Ich sehe Boden auf Äckern, im Garten, wenn man irgendwo im Sand (Sandkasten, unter dem Rasen, der Straße, Asphalt) gräbt, kommt irgendwann auch wieder dieser dunkle Boden. Den sieht man nur nicht, wenn man drüber geht, weil dann Straße drauf ist oder Häuser, aber eigentlich ist er überall, er wäre einmal rund um die Erde, außer da, wo Wasser ist.
(282-307)
Boden in fünfzig (hundert, tausend) Jahren stelle ich mir so vor, dass er bestimmt auch unter den Umwelteinflüssen leidet, wie Abgase oder Ähnlichem, wo andere Sachen (Lebewesen) auch mit zu kämpfen haben. Der Boden kann die Nährstoffe dann nicht mehr so aufnehmen, weil er sich durch die Einflüsse verändert und somit kein passender, guter Lebensraum ist für Tiere und Pflanzen. Und er war bestimmt vor tausend Jahren auch noch anders, als er jetzt ist. Je nachdem wie bzw. was (z.B. Abgase) auf den Boden wirkt, wird er heller oder dunkler, feiner oder fester.

(308-350)
Die Abgase von Autos und großen Fabriken setzen sich entweder direkt auf dem Boden ab oder unterbrechen den ganzen Kreislauf. Die Abgase gelangen erst irgendwie auf Blätter, die dem Boden die Nährstoffe geben und sich da umwandeln. Oder dass die Abgase, ich weiß nicht, ob das ein weiter Weg ist, durch die Verdunstung von Pfützen wieder in Form von Wolken und dann Regen auf den Boden kommen. Entweder direkt auf den Boden oder durch Dinge, die mit dem Boden in Kontakt kommen, wie Blätter, die von den Bäumen fallen oder Regen. Ich denke schon, dass das für den Boden schlimm ist. Ich weiß nicht genau, wie der Boden darauf reagiert, aber die Abgase sind schon so schädlich, dass der Boden an den Prozessen, die er hat, nicht mehr richtig teilnehmen (entwickeln) kann. Dass er zum Beispiel die Nährstoffe richtig filtert (umwandelt), so dass Pflanzen und Tiere daraus leben (Nährstoffe aufnehmen können) können, oder dass er gar nicht mehr fähig ist die zu produzieren. Wenn der Boden keine Nährstoffe mehr hat, dann könnten die Bäume alle gar nicht stehen und die Tiere könnten auch nicht gut drin leben. Der Boden ist nicht vergiftet, im Moment stehen ja noch Pflanzen da. Aber wenn da so viele Abgase drin sind und das auf Dauer zunimmt und immer weniger auf die Umwelt geachtet wird, dann wird es vielleicht nicht innerhalb der nächsten fünf Jahre, aber auf langen Zeitraum schon gefährlich (wirklich bedrohlich).

(351-370)
Ansonsten könnten irgendwelche gefährlichen Mittel, gefährliche Flüssigkeiten aus Fabriken den Boden gefährden, die dann nicht richtig entsorgt werden. Die Auswirkungen wären ähnliche wie gefährliche Abgase, dass der Boden die Nährstoffe nicht mehr umsetzen (freisetzen) kann. Und wenn natürlich direkt giftige Flüssigkeiten auf den Boden gelangen, dann können die Lebewesen (auf Dauer) nicht mehr leben, weil sie keine Nährstoffe mehr kriegen, weil sie direkt durch die Flüssigkeiten getötet werden.

(371-398)
Wenn man über den Boden eine Betonschicht machen würde, dann könnte nichts mehr drin leben, weil es gar nicht die Chance hätte in den Boden zu gelangen. Ich weiß nicht, ob ein Boden atmet, aber er würde keinen Sauerstoff mehr kriegen. Und er würde keine Nährstoffe umsetzen können, weil er nicht mehr die Stoffe kriegt, die er braucht. Wenn man einen Baum auf den Asphalt stellt, wie soll der mit seinen Wurzeln durch den Asphalt kommen? Oder die Tiere, die darin leben, ein Maulwurf, wie soll der durch Asphalt kommen? Das würde alles gar nicht funktionieren. Dann könnte man auch den ganzen Boden weg machen und nur Asphalt hin machen. Das hätte dann das ähnliche Ziel, weil der Boden dann eigentlich nutzlos ist. Weil er seine Aufgaben, die er hat, nicht mehr ausüben kann.

(399-455)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Der Boden hier ist nicht ganz glatt, sondern hat hier diese Risse. Dass, das nach da irgendwie einsackt. Vielleicht, weil der Boden zu weich geworden ist, also nicht mehr die Konsistenz (die Härte) hat, dass er es so glatt halten konnte. Es sieht so aus, als würde das hier so rein gehen. Oder durch irgendwelche anderen Einflüsse, dass der Boden das nicht selber gemacht hat, dass irgendwer das planmäßig gegraben hat. Das könnte durch dauerhaften Regen zu weich geworden sein. Wenn da über einen langen Zeitraum ganz viel Wasser drauf kommt, dann wird der Boden total weich und matschig. Und wenn es immer, übertriebenermaßen, da regnen würde, würde er immer mehr zurückgehen, weil er immer weicher wird und sich immer mehr runter drückt. Wenn etwas flüssig ist, dann könnte es in die Leerräume von der Schicht darunter gehen. Wenn darunter, wie auf dem anderen Bild eben, Steine sind, dann kann es in die Ritzen, was es ja fest nicht kann. Und dann würde der Boden ja immer mehr zurückgehen.
(456-471)
Generell braucht der Boden Wasser (den Regen) zum Leben oder zum Weitergeben an die Lebewesen im Boden, aber nicht, dass es dauerhaft so viel Regen ist, dass er das Wasser nicht mehr aufnehmen kann und vernünftig weitergeben oder umsetzen kann, dass er quasi damit überfordert ist. Bei einem Regenschauer, wenn es mal einen (zwei) Tage regnet, kommt das nicht vor. Aber wenn es über einen langen Zeitraum wäre, könnte ich mir das schon vorstellen.

(472-481)
Durch Wind verlagert sich der Boden teilweise. Wie auf dem anderen Bild, da kann er ja nicht einfach so hingehen, das ist auch durch Wind. Dass der weiter getragen wird und durch Wind kommen Dinge (Pflanzensamen, Blätter) zu ihm an verschiedenen Stellen.

(482-555)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Das sieht aus wie Felder, wo man was anbauen will. Da sind immer eine Kuhle, eine Mulde und Streifen. Aber man sieht jetzt nicht direkt viel drauf. Entweder, das was da angebaut wird, ist unter der Erde, also noch nicht draußen oder es ist im Moment noch gar nichts da. Das sieht so verschwommen aus, also von der Farbe (gelblich) sieht es ein bisschen aus wie Sand. Aber warum Sand da jetzt sein sollte in dem Sinne? Oder das ist, ich weiß nicht, dass es quasi hier hoch geht und dass hier die Erdschicht ist. Aber dann wäre das hier auch nur noch Sand. Oder als wäre da Staub in der Luft. Das ist bestimmt auch dann durch Sand, durch den Wind dahin gekommen. Dass es vorher nur Boden war und dass durch Wind zum Beispiel Sand dahin verlagert wurde. Weil dann hier ja auch ziemlich viel ist. Der Boden muss sich diesen Veränderungen auch irgendwie erstmal anpassen. Und ich weiß nicht inwiefern er sich anpassen kann, wie (gut) er das macht. Aber wenn über dem Boden eine ganz große Sandschicht wäre, dann wäre das nicht ähnlich wie Asphalt, aber dann würde ihn auch irgendwas stören, dann würde er seine Nährstoffe nicht direkt kriegen, die er braucht, bzw. vielleicht würden die über den Sand dahin gelangen. Aber wenn das wirklich viel (eine große Schicht) Sand ist, dann wäre das ähnlich wie mit dem Asphalt. Dann hat er keine Chance mehr irgendwie das zu machen, was er ohne den Sand machen würde. Vielleicht ist irgendwo in der Nähe entweder Strand, weil da der Sand auch irgendwann mal hingekommen ist. Oder irgendwas, wo Sand ist, der nach da verlagert wurde. Sieht so aus, als wäre das Sand, könnte natürlich auch was anderes sein. Sand kann durch Wind ja schnell weggeweht werden.

(556-595)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Vielleicht versucht der Boden erstmal gegen Dinge, die ihn in Anführungsstrichen „stören“, anzukämpfen. Ein Nagel hat ja eigentlich nichts mit dem Boden zu tun, der Boden braucht keine Nägel, der kann damit nicht direkt was anfangen, hat da keinen Nutzen raus. Und deshalb versucht er den wieder los zu werden quasi. Ich weiß nicht, ob das irgendwas damit zu tun hat, dass der Boden irgendwie versucht an der Stelle, nein, wenn er ganz steigt, das geht ja nicht. Wüsste ich jetzt auch nicht. Wenn er es jetzt nicht versuchen würde den Nagel los zu werden, wenn das ein normaler Prozess wäre, dann würden andere Dinge, wie Pflanzen, auch immer raus kommen, würden auch von ihm hoch gedrückt werden. Aber da er ja merkt, dass er Pflanzen braucht, versucht er da nicht gegen anzukämpfen. Sonst könnte er den Nagel auch behalten, aber er merkt, dass er ihn nicht gebrauchen kann.

(596-655)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I); Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I): Ich weiß nicht, durch welche genau ein Boden sauer wird, aber dass er sich durch Umwelteinflüsse so verändert, dass er zur Hälfte schon sauer ist. Also eigentlich schon ziemlich bedrohlich, wenn er zu sauer ist. 1980 und 2000 wurde bei einem Boden der pH-Wert gemessen. 1980 war der pH-Wert zwischen 6 und 7 und 2000 lag der dann bei 4. Ich weiß nicht, ob zwischen 1980 und 2000 irgendwas ganz Besonderes war, aber über die Zeit verändert er sich durch die Einflüsse von außerhalb. Der Boden würde sich nicht so verändern, wenn es keine schädlichen Einflüsse gäbe. Wenn Boden so sein müsste, dass er den pH-Wert von 4 hätte, dann wäre das schon länger so, dann wäre es nicht von jetzt auf gleich, weil der Boden merkt, ach, ich möchte jetzt mal pH-Wert 4 haben, sondern ich denke, dass es halt durch die äußeren Einflüsse kommt. Bestimmt kommt das durch Abgase oder so was. Oder ich denke, 1986 war das auch mit dem Atomkraftwerk. Vielleicht hat sich das auch auf den Boden ausgewirkt. Damals sollte man nichts Angebautes (Kartoffeln) essen, weil der Boden das ja weitergegeben hat, weil der Boden das aufgenommen hatte. Obwohl 1986 war es ja noch nicht, aber solche Sachen wirken sich bestimmt auch auf den Boden aus. Der Boden wird in seinen Prozessen gestört (kann ihnen nicht folgen, sie nicht mehr machen), wenn der pH-Wert sinkt (der Boden zu sauer ist). Vielleicht der Prozess, dass er Dinge umwandelt, dass er aus Blättern oder Anderem das zieht, was er für Nährstoffe braucht oder umwandelt.

(656-718)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Da ist gerade (irgendwann mal) ein Trecker drüber gefahren. Das sieht aus wie Wasser, das noch in den Treckerspuren ist. Das ist ein Ackerboden, weil hier ein kleines Dorf ist. Das kennt man ja, wenn das ganz trockener Boden und der Trecker darüber gefahren ist, sind schnell diese Spuren und bleiben dann da auch eine Zeit. Und jetzt hat es dann wahrscheinlich geregnet und man sieht auch, in den Spuren ist überall Wasser. Der Boden ist ungleichmäßig, der ist ja nie ganz gerade und glatt geklopft. Aber wenn hier so Rillen drin sind (Vertiefungen), dann kann er das Wasser vielleicht auch nicht mehr so gut aufnehmen. Überall wo es gerade ist, steht das Wasser nicht, sondern immer nur da, wo der Trecker drüber gefahren ist und somit Vertiefungen in den Boden gemacht hat. Da sammelt sich das Wasser und der Boden ist wahrscheinlich irgendwie platt gedrückt. Wenn der Boden das Wasser nicht mehr aufnehmen kann, sind das ja richtige große Pfützen. Der Boden ist an den Stellen ja viel zu nass. An den Stellen, wo es nicht trocken, aber wo hier nicht so Pfützen sind, da ist der Boden wahrscheinlich normal nass drunter, da braucht er das nicht mehr aufnehmen. Und wenn es da steht, dann heißt das ja, dass der Boden das Wasser nicht mehr aufnehmen kann, das heißt er hat schon genug in sich, dass er schon zu nass ist. Er kann das nicht aufnehmen, weil er das in dem Moment nicht braucht. Wenn der Boden zu nass ist, dann passiert ja wieder das, wie wenn es zu lange regnet. Der Boden hat nicht mehr seine eigentliche Konsistenz (normale Härte), dann wird er zu weich und zu flüssig und dann sackt der immer teilweise ab.

(719-750)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Das ist ganz harter und wahrscheinlich platt geklopfter Boden. Die anderen konnte man so in die Finger nehmen, aber der ist ja ganz hart. Im Bild ist der vielleicht da, wo das Wasser stand. Obwohl, dann würde er ja nicht flüssig werden. Oder doch da, wo das Wasser steht, dass er so zusammen gedrückt und dann so hart wird. Wenn das Wasser im Vergleich nicht da gestanden hätte, wäre er ein Stück höher, weil er dann aufgelockert ist. Wenn etwas aufgelockert ist, heißt das ja, dass da Zwischenräume sind und dann ist das höher. Durch das Wasser wird das platt gedrückt und sinkt dann. Wenn der nicht so locker ist wie sonst, weiß ich nicht, inwiefern Wurzeln eine Chance haben sich da auszubreiten oder Regenwürmer oder Käfer da noch irgendwie was drin machen können. Wenn das zu hart ist, können die nicht darin leben.

(751-758)
Begriff Bodenerosion: Hört man öfter, könnte ich aber auf Anhieb nicht erklären.

(759-764)
Begriff Bodenverdichtung: Vom Wort her, Verdichtung, vielleicht dass da so was passiert (zusammengedrückte Probe). Dass der Boden dichter und platter wird und an Höhe abnimmt.

(765-770)
Begriff Bodenversauerung: Das ist bestimmt das, was eben auf den Diagrammen war, das mit dem pH-Wert, dass der abnimmt und die Schlagzeile, die da eben war, dass die Hälfte vom Boden so sauer ist wie Essig.

(771-784)
Ich glaube, man macht sich ja nicht jeden Tag Gedanken über den Boden, aber wenn man sich dazu Gedanken macht, dann vielleicht über all das was man nicht wüsste, genau über die Prozesse, die im Boden stattfinden. Genau über die Folgen, die die Umwelteinflüsse auf den Boden haben, was dann wirklich genau passiert, von welchen Zeiträumen man da spricht. Im Detail also genauer.

(785-831)
Zu Boden, zu den ganzen Prozessen mit Pflanzen, haben wir in Bio ab und zu was gemacht. Dass die Bäume Blätter abgeben, der Boden dann die Nährstoffe und Humus und dass der Baum die Nährstoffe dann durch die Wurzeln aufnimmt. Ansatzweise bespricht man das schon. Und dass Abgase und so was immer Einfluss auf die Umwelt haben, dass es für Pflanzen und so schädlich ist, das hat man bestimmt auch in Bio schon mal gemacht. Aber so im Detail noch nicht. Humus ist, wenn der Boden die Blätter aufnimmt und dann die Nährstoffe bildet und dann bildet der so eine Schicht. Ich glaube, das

gehört mit zum Boden dazu. Ich würde es nicht als extra Schicht bezeichnen. Weil der Boden bildet das mit und deswegen würde ich das mit zum Boden nehmen. Ansonsten weiß ich was aus Berichten, Zeitungen oder aus dem Fernsehen oder aus eigenen Erfahrungen, z.B. wenn ich ein Loch grabe.

Paula - Geordnete Aussage

Boden

Bodenproben Ansprache (1-10)
Probe Rendzina: Das ist eher so fester Ackerboden, wenn man umgräbt.
Probe Gartenerde: Das ist so feine Blumenerde, wie man es kauft.

Boden Begriffsbestimmung (11-39) (40-60) (785-831)
Das ist Ackerboden oder Acker, Erde, ist irgendwie beides der Boden. Aber man sagt ja eher Blumenerde, obwohl es eigentlich, wenn man das dann in Beete macht, dann auch Erdboden (Boden) ist.
Erde ist eher fein und das, was man kaufen würde.
Boden ist eher das, was schon fest ist. Im Garten unten, unter dem Gras (in Beeten, überall, unter dem Asphalt), was da schon immer (lange) ist. Ich wüsste jetzt nicht, was ich groß als Unterschiedsmerkmale nennen würde zwischen Erde und Boden. Wahrscheinlich habe ich dazu nur Erde gesagt, weil man es als Definitionsbegriff dafür bekommt. Boden ist eigentlich überall drunter. Der Boden ist nicht nur eine Schicht, es gibt ja mehrere Schichten.
Humus ist, wenn der Boden die Blätter aufnimmt und dann die Nährstoffe bildet und dann bildet der so eine Schicht. Ich glaube, das gehört mit zum Boden dazu. Ich würde es nicht als extra Schicht bezeichnen. Weil der Boden bildet das mit und deswegen würde ich das mit zum Boden nehmen.

Boden Aufbau (40-60) (61-82) (83-106) (107-126)
Der Boden ist nicht nur eine Schicht, es gibt ja mehrere Schichten. Das (Bodenproben) ist so die oberste Schicht, wo auch Pflanzen (Rasen) drauf sind oder Lebewesen. Dann kommt, glaube ich, immer noch Boden, aber nicht mehr nur so reiner Ackerboden, sondern ein Gemisch. Darunter kommen dann noch mehrere, was auch immer für Schichten. Je nachdem wie tief es ist, kommt noch eine Sandschicht (Sand) oder so, das vielleicht noch mit vermischt ist. Je nachdem, wo man gräbt, ist es mal heller, mal dunkler. Oder oft auch so etwas festeres, nicht direkt Steine, sondern so, ich weiß nicht, was das ist, aber es ist nicht mehr so ein Boden sondern fester mit dem Sand vermischt und irgendwann die ganzen anderen Sachen, bis wir zu der Mitte kommen. Ich weiß nicht, was da noch drunter ist.

Mächtigkeit (83-106) (107-126)
Ich weiß nicht wie weit der Boden ist. So im Garten, wenn man gräbt, ist das nicht mehr als einen Meter.

Schichten Unterschiede (61-82) (107-126) (127-138)
Je nachdem wie tief es ist, kommt noch eine Sandschicht oder so drunter. Je nachdem, wo man gräbt, ist es mal heller mal dunkler. Dann kommt glaube ich immer noch Boden, aber nicht mehr nur so reiner Ackerboden, sondern ein Gemisch. Die unterschiedlichen Farben entstehen je nachdem, aus welcher Zusammensetzung das ist. Welche Faktoren da mit drin sind und wo sich der Boden befindet. Ob nass, ob trocken, das ist auch wieder unterschiedlich. Der *(P2)* ist auch dunkler als der *(P1)*.

Boden Bestandteile (61-82)
Wenn ich mit einem Spaten ein Stück Boden raus heben würde, würde ich irgendwelche Kleintiere (Regenwürmer, Käfer) oder Wurzeln von irgendwelchen Blumen (Pflanzen) finden. Je nachdem, wie tief es ist, kommt dann noch eine Sandschicht. Im Boden sind auch Nährstoffe, die für die Pflanzen wichtig sind, und für die Tiere, die darin leben. Aber die sieht man nicht auf Anhieb.

Vorkommen (11-39) (269-281)
Ich sehe Boden auf Äckern, im Garten, wenn man irgendwo im Sand (Sandkasten, unter dem Rasen, der Straße, Asphalt) gräbt, kommt irgendwann dieser dunkle Boden. Den sieht man nur nicht, wenn

man drüber geht, weil dann Straße drauf ist oder Häuser, aber eigentlich ist er überall, er wäre einmal rund um die Erde, außer da, wo Wasser ist.

Bodenentstehung (139-196) (197-223)

Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Das Bild sieht fast aus wie meins. Hier ist der Baum mit seinen Wurzeln in der Erde, die man finden würde, wenn man graben würde und das ist bestimmt eine Wiese oder ein Feld. Und da kommt dann dieses, was fester wird, Steine. Erst kleiner, das könnten Brocken sein und dann kommen irgendwann festere Steine. Das hier ist noch Boden, wo Pflanzen sind und wenn man dann weiter hoch geht, nimmt das immer mehr ab, da ist gar kein Boden mehr, da ist nur noch dieser Abhang. Das heißt, wahrscheinlich ist gar nicht überall Boden. Sondern nur an manchen Stellen. Vielleicht weil das noch so ein kleiner Berg ist, wo kein direkter Boden drin ist und der nur aus Gestein besteht. Dann hat das immer mehr abgenommen, ist immer mehr Sand, Boden von der anderen Seite hinzugekommen. Wenn das Bild hier weitergehen würde, war da schon immer ein Feld oder Boden und das hat sich dann immer mehr angenähert (angeglichen). Hier sieht man den Übergang. Hier war wahrscheinlich auch nur Stein, bis dann der Boden kam und das hat sich dann über die Zeit vermischt. Vielleicht nimmt das immer mehr ab. Man sieht, dass es hier noch ganz fest ist und hier geht es immer mehr kaputt und der Sand, der Boden, wird immer mehr dahin abgetragen. Der Boden wird da irgendwie von einer Stelle, wo vorher mehr Boden war, hingebracht. Ich denke, es ist wahrscheinlicher, dass der Boden hier vorher nicht war, sondern dahin gekommen ist, als andersherum. Dass hier Boden war und das (Gestein) dahin gekommen ist, weil das ja fester ist. Ich weiß wie weit, vielleicht doch Kilometer lang. Der Boden kommt von einer anderen Stelle auf diese Steine drauf, weil das hier so aussieht, als sei da auch Stein gewesen. Als wäre es immer weniger geworden, weil das immer brüchiger wird von hier nach da. Ich glaube schon, dass es Boden schon immer gibt. Müsste ja, weil es auch schon immer Pflanzen gegeben hat. Wobei die vielleicht vorher ihre Wurzeln woanders gehabt haben. Vielleicht gibt es Boden nicht von Anfang an, sondern dass sich das durch irgendwelche Umstände aus irgendwas entwickelt hat oder entstanden ist. Durch was das entstanden ist und welche Umstände (Klimaveränderungen vielleicht) man dafür braucht, wüsste ich jetzt nicht. Ich denke, es dauert ziemlich lange, bis Boden entsteht, es entsteht ja nicht von jetzt auf gleich. Auf der ganzen Welt und überall, das dauert bestimmt seine Zeit.

Bodenfunktionen (224-256) (257-268) (308-350) (371-398)

Wenn es den Boden nicht geben würde, hätten die Pflanzen keinen Untergrund, und die Tiere (Regenwürmer, Käfer, Maulwürfe) keinen (nicht den) Lebensraum. Vielleicht würden sie, wenn sie sich dem Boden nicht so angepasst hätten, woanders leben und hätten einen anderen Boden. Man kann einen Baum nicht einfach auf die Straße stellen, der braucht irgendwo seine Wurzeln, die im Boden sind. Wenn es den Boden nicht geben würde, weiß ich nicht, inwiefern wir dann auf der Erde leben könnten. Er ist wichtig, dass wir darauf bauen, stehen, leben können. Wenn es den nicht geben würde, vielleicht wäre die Schicht, die dann darunter kommt, wenn man von Sand jetzt mal absieht, nicht so, dass wir darauf leben könnten. Weil die nicht das hat, was der Boden uns gibt oder was wir aus dem Boden haben. Für die Pflanzen und Tiere hat er auf jeden Fall Nährstoffe. Wir brauchen den um mit ihm zusammen zu leben, dass wir da unsere Wurzeln haben oder dass wir die Nährstoffe brauchen, darauf leben und unsere Pflanzen darauf anbauen. Ich würde nicht sagen, dass ich eine besondere Beziehung zum Boden habe, aber schon, dass es für uns alle lebenswichtig ist. Und andere Lebewesen leben darin. Ich weiß nicht, ob ein Boden atmet, aber er würde keinen Sauerstoff mehr kriegen, wenn eine Betonschicht darüber wäre. Und er würde keine Nährstoffe umsetzen können, weil er nicht mehr die Stoffe kriegt, die er braucht. Wenn man einen Baum auf den Asphalt stellt, wie soll der mit seinen Wurzeln durch den Asphalt kommen? Oder die Tiere die darin leben, ein Maulwurf, wie soll der durch Asphalt kommen? Das würde alles gar nicht funktionieren. Dann könnte man auch den ganzen Boden weg machen und nur Asphalt hin machen. Das hätte dann das ähnliche Ziel, weil der Boden dann eigentlich nutzlos ist. Weil er seine Aufgaben, die er hat, nicht mehr ausüben kann.

Bodenveränderung / Bodenzerstörung

Veränderungen allgemein (282-307)

Boden in fünfzig (hundert, tausend) Jahren stelle ich mir so vor, dass er bestimmt auch unter den Umwelteinflüssen leidet, wie Abgase oder Ähnlichem, wo andere Sachen (Lebewesen) auch mit zu kämpfen haben. Der Boden kann die Nährstoffe dann nicht mehr so aufnehmen, weil er sich durch die Einflüsse verändert und somit kein passender, guter Lebensraum ist für Tiere und Pflanzen. Und er war

bestimmt vor tausend Jahren auch noch anders als er jetzt ist. Je nachdem, wie was z.B. Abgase) auf den Boden wirkt, wird er heller oder dunkler, feiner oder fester.

Umweltverschmutzung (308-350) (351-370)
Die Abgase von Autos und großen Fabriken setzen sich entweder direkt auf den Boden ab oder unterbrechen den ganzen Kreislauf. Sie gelangen erst auf Blätter, die dem Boden die Nährstoffe geben und sich da umwandeln. Oder dass die Abgase, ich weiß nicht, ob das ein weiter Weg ist, durch die Verdunstung von Pfützen wieder in Form von Wolken und dann Regen auf den Boden kommen. Entweder direkt auf den Boden oder durch Dinge, die mit dem Boden in Kontakt kommen, wie Blätter, die von den Bäumen fallen oder Regen. Ich denke schon, dass das für den Boden schlimm ist. Ich weiß nicht genau, wie der Boden darauf reagiert, aber die Abgase sind schon so schädlich, dass der Boden an den Prozessen, die er hat, nicht mehr richtig teilnehmen (entwickeln) kann. Dass er zum Beispiel die Nährstoffe richtig filtert (umwandelt), so dass Pflanzen und Tiere daraus leben (Nährstoffe aufnehmen) können, oder dass er gar nicht mehr fähig ist die zu produzieren. Wenn der Boden keine Nährstoffe mehr hat, dann könnten die Bäume alle gar nicht stehen und die Tiere könnten auch nicht gut drin leben. Der Boden ist nicht vergiftet, im Moment stehen ja noch Pflanzen da. Aber wenn da so viele Abgase drin sind und das auf Dauer zunimmt und immer weniger auf die Umwelt geachtet wird, dann wird es vielleicht, nicht innerhalb der nächsten fünf Jahre, aber auf langen Zeitraum schon gefährlich (wirklich bedrohlich). Ansonsten könnten irgendwelche gefährlichen Mittel (Flüssigkeiten) aus Fabriken den Boden gefährden, die nicht richtig entsorgt werden. Die Auswirkungen wären ähnliche wie gefährliche Abgase, dass der Boden die Nährstoffe nicht mehr umsetzen (freisetzen) kann. Und wenn natürlich direkt giftige Flüssigkeiten auf den Boden gelangen, dann können die Lebewesen (auf Dauer) nicht mehr leben, weil sie keine Nährstoffe mehr kriegen, weil sie direkt durch die Flüssigkeiten getötet werden.

Bebauung (371-398)
Folgen
Wenn man über den Boden eine Betonschicht machen würde, dann könnte nichts mehr drin leben, weil es gar nicht die Chance hätte in den Boden zu gelangen. Ich weiß nicht, ob ein Boden atmet, aber er würde keinen Sauerstoff mehr kriegen. Und er würde keine Nährstoffe umsetzen können, weil er nicht mehr die Stoffe kriegt, die er braucht. Wenn man einen Baum auf den Asphalt stellt, wie soll der mit seinen Wurzeln durch den Asphalt kommen? Oder die Tiere die darin leben, ein Maulwurf, wie soll der durch Asphalt kommen? Das würde alles gar nicht funktionieren. Dann könnte man auch den ganzen Boden weg machen und nur Asphalt hin machen. Das hätte dann das ähnliche Ziel, weil der Boden dann eigentlich nutzlos ist. Weil er seine Aufgaben, die er hat, nicht mehr ausüben kann.

Bedeutung Wasser (456-471)
Generell braucht der Boden Wasser (den Regen) zum Leben oder zum Weitergeben an die Lebewesen im Boden, aber nicht, dass dauerhaft so viel Regen ist, dass er das Wasser nicht mehr aufnehmen und vernünftig weitergeben oder umsetzen kann, dass er quasi damit überfordert ist. Bei einem Regenschauer, wenn es mal einen (zwei) Tag regnet, kommt das nicht vor. Aber wenn es über einen langen Zeitraum wäre, könnte ich mir das schon vorstellen.

Bodenerosion
Begriff Bodenerosion (751-758)
Hört man öfter, könnte ich aber auf Anhieb nicht erklären.
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: (399-455)
Ursachen
Der Boden hier ist nicht ganz glatt, sondern hat diese Risse. Das sackt nach da irgendwie ein (geht rein). Vielleicht weil der Boden zu weich geworden ist, also nicht mehr die Konsistenz (die Härte) hat, dass er es so glatt halten konnte. Oder durch irgendwelche anderen Einflüsse, dass der Boden das nicht selber gemacht hat, dass irgendwer das planmäßig gegraben hat. Das könnte durch dauerhaften Regen zu weich geworden sein. Wenn da über einen langen Zeitraum ganz viel Wasser drauf kommt, dann wird der Boden total weich und matschig.

Folgen
Und wenn es immer, übertriebenermaßen, da regnen würde, würde er immer mehr zurückgehen, weil er immer weicher wird und sich immer mehr runter drückt. Wenn etwas flüssig ist, dann könnte es in die Leerräume von der Schicht darunter gehen. Wenn darunter, wie auf dem anderen Bild eben, Steine sind, dann kann es in die Ritzen, was es ja fest nicht kann. Und dann würde der Boden immer mehr zurückgehen. Wenn dauerhaft so viel Regen ist, dass er das Wasser nicht mehr aufnehmen und vernünftig weitergeben oder umsetzen kann, dass er quasi damit überfordert ist.

Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode (556-595)
Vielleicht versucht der Boden erstmal gegen Dinge, die ihn in Anführungsstrichen „stören“, anzukämpfen. Ein Nagel hat eigentlich nichts mit dem Boden zu tun, der Boden braucht keine Nägel, der kann damit nicht direkt was anfangen, hat da keinen Nutzen raus. Und deshalb versucht er den wieder los zu werden. Ich weiß nicht, ob das irgendwas damit zu tun hat, dass der Boden irgendwie versucht an der Stelle ganz steigt. Nein, das geht ja nicht. Wenn er es jetzt nicht versuchen würde den Nagel los zu werden, wenn das ein normaler Prozess wäre, dann würden andere Dinge, wie Pflanzen, auch immer raus kommen, würden auch von ihm hoch gedrückt werden. Aber da er merkt, dass er Pflanzen braucht, versucht er da nicht gegen anzukämpfen. Sonst könnte er den Nagel auch behalten, aber er merkt, dass er ihn nicht gebrauchen kann.

Bodenverdichtung

Begriff Bodenverdichtung (759-764)
Vom Wort her, Verdichtung, vielleicht dass da so was passiert (*zusammengedrückte Probe*). Dass der Boden dichter und platter wird und an Höhe abnimmt.
Ursachen (656-718) (719-750)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Da ist gerade (irgendwann mal) ein Trecker drüber gefahren. Das sieht aus wie Wasser, das noch in den Treckerspuren ist. Das ist ein Ackerboden, weil hier ein kleines Dorf ist. Das kennt man, wenn das ganz trockener Boden ist und der Trecker darüber gefahren ist, sind schnell diese Spuren und bleiben dann da auch eine Zeit. Und jetzt hat es dann wahrscheinlich geregnet und man sieht auch, in den Spuren ist überall Wasser. Der Boden ist ungleichmäßig, der ist ja nie ganz gerade und glatt geklopft.
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Das ist ganz harter und wahrscheinlich platt geklopfter Boden. Die anderen (Proben) konnte man so in die Finger nehmen, aber der ist ja ganz hart. Im Bild ist der vielleicht da, wo das Wasser stand. Obwohl er dann nicht flüssig werden würde. Oder doch da, wo das Wasser steht, dass er so zusammen gedrückt und dann so hart wird. Wenn das Wasser im Vergleich nicht da gestanden hätte, wäre er ein Stück höher, weil er dann aufgelockert ist. Wenn etwas aufgelockert ist, heißt das ja, dass da Zwischenräume sind und dann ist das höher. Durch das Wasser wird das platt gedrückt und sinkt dann.
Folgen (656-718) (719-750)
Aber wenn hier so Rillen (Vertiefungen) drin sind, dann kann er das Wasser vielleicht auch nicht mehr so gut aufnehmen. Überall, wo es gerade ist, steht das Wasser nicht, sondern immer nur da, wo der Trecker drüber gefahren ist und somit Vertiefungen in den Boden gemacht hat. Da sammelt sich das Wasser und der Boden ist wahrscheinlich irgendwie platt gedrückt. Wenn der Boden das Wasser nicht mehr aufnehmen kann, sind das richtige große Pfützen. Der Boden ist an den Stellen viel zu nass. An den Stellen, wo es nicht trocken, aber wo hier nicht so Pfützen sind, da ist der Boden wahrscheinlich normal nass drunter, da braucht er das nicht mehr aufnehmen. Und wenn es da steht, dann heißt das ja, dass der Boden das Wasser nicht mehr aufnehmen kann, weil er das in dem Moment nicht braucht, das heißt er hat schon genug in sich. Wenn der Boden zu nass ist, dann passiert ja wieder das, wie wenn es zu lange regnet. Der Boden hat nicht mehr seine eigentliche Konsistenz (normale Härte), dann wird er zu weich und zu flüssig und dann sackt der immer teilweise ab. Wenn der nicht so locker ist wie sonst, weiß ich nicht, inwiefern Wurzeln eine Chance haben sich da auszubreiten oder Regenwürmer oder Käfer da noch irgendwie was drin machen können. Wenn das zu hart ist, können die nicht darin leben.

Bodenversauerung

Begriff Bodenversauerung (765-770)
Das ist bestimmt das, was eben auf den Diagrammen war, das mit dem pH-Wert, dass der abnimmt und die Schlagzeile, die da eben war, dass die Hälfte vom Boden so sauer ist wie Essig.

Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): *Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I):*

Ursachen (596-655)
Ich weiß nicht, wodurch ein Boden sauer wird, aber dass er sich durch Umwelteinflüsse so verändert, dass er zur Hälfte schon sauer ist. Also eigentlich schon ziemlich bedrohlich, wenn er zu sauer ist. 1980 und 2000 wurde bei einem Boden der pH-Wert gemessen. 1980 war der pH-Wert zwischen 6 und 7 und 2000 lag der dann bei 4. Ich weiß nicht, ob zwischen 1980 und 2000 irgendwas ganz esonderes war, aber über die Zeit verändert er sich durch die Einflüsse von außerhalb. Der Boden würde sich nicht so verändern, wenn es keine schädlichen Einflüsse gäbe. Wenn Boden so sein müsste, dass er den pH-Wert von 4 hätte, dann wäre das schon länger so, dann wäre es nicht von jetzt auf gleich, weil der Boden merkt, ach, ich möchte jetzt mal pH-Wert 4 haben, sondern ich denke, dass es durch die äußeren Einflüsse kommt. Bestimmt kommt das durch Abgase oder so was. Oder ich denke, 1986 war das auch mit dem Atomkraftwerk.
Folgen (596-655)
Vielleicht hat sich das auch auf den Boden ausgewirkt. Damals sollte man nichts Angebautes (Kartoffeln) essen, weil der Boden das weitergegeben hat, weil der Boden das aufgenommen hatte. Obwohl, 1986 war es ja noch nicht, aber solche Sachen wirken sich bestimmt auch auf den Boden aus. Der Boden wird in seinen Prozessen gestört (kann ihnen nicht folgen, sie nicht mehr machen) wenn der pH-Wert sinkt (der Boden zu sauer ist). Vielleicht der Prozess, dass er Dinge umwandelt, dass er aus Blättern oder anderem das zieht, was er für Nährstoffe braucht oder umwandelt.

Kreislauf (308-350)
Die Abgase von Autos und großen Fabriken setzen sich entweder direkt auf dem Boden ab oder unterbrechen den ganzen Kreislauf.

Idealistische Naturvorstellung (596-655) (656-718)
Der Boden würde sich nicht so verändern, wenn es keine schädlichen Einflüsse gäbe. Wenn Boden so sein müsste, dass er den pH-Wert von 4 hätte, dann wäre das schon länger so, dann wäre es nicht von jetzt auf gleich, weil der Boden merkt, ach, ich möchte jetzt mal pH-Wert 4 haben, sondern ich denke, dass es halt durch die äußeren Einflüsse kommt. An den Stellen, wo es nicht trocken ist, wo aber nicht so Pfützen sind, da ist der Boden wahrscheinlich normal nass drunter, da braucht er das nicht mehr aufnehmen. Und wenn es da steht, dann heißt das ja, dass der Boden das Wasser nicht mehr aufnehmen kann, das heißt er hat schon genug in sich, dass er schon zu nass ist und dass er das dann nicht aufnehmen kann, weil er das in dem Moment nicht braucht.

Paula - Explikation

Charakteristika der Vorstellungen

Boden
Paula benutzt die Begriffe Boden und Erde bereits in den ersten Sätzen des Interviews synonym, versucht sie auf Nachfrage aber voneinander abzugrenzen. Dabei sieht sie Erde als Material, das man auch kaufen kann. Boden ist für sie die Schicht, die überall drunter ist, z.B. unter Gras oder Asphalt Abbildung 6). Diese Schicht wäre wiederum in verschiedene Schichten unterteilt. Die beschriebenen Vorstellungen ähneln dem Konzept der Bodenhorizonte aus der Bodenkunde. Humus gehört für Paula mit zum Boden dazu und wird von diesem gebildet, indem er Blätter aufnimmt und Nährstoffe bildet. Die gezeigten Bodenproben werden von Paula als oberste Schicht des Bodens lokalisiert, in welcher Pflanzen wachsen und andere Lebewesen zu finden sind. Nach unten hin schließen sich für Paula weitere Schichten an, welche als Gemisch von Ackerboden und Sand bis hin zum reinen Sand beschrieben werden. Eine genaue Vorstellung zum Material und der Zusammensetzung des Bodens und der Abgrenzung nach unten sind bei Paula nicht vorhanden. Paula beschreibt Unterschiede in den Schichten, die sich auf die Festigkeit, die Bodenfeuchte und die Bodenfarbe beziehen. Die Unterschiede beschreibt sie als abhängig von der Zusammensetzung und vom Standort des Bodens. Die Mächtigkeit des Bodens in einem Garten beziffert sie mit etwa einem Meter.

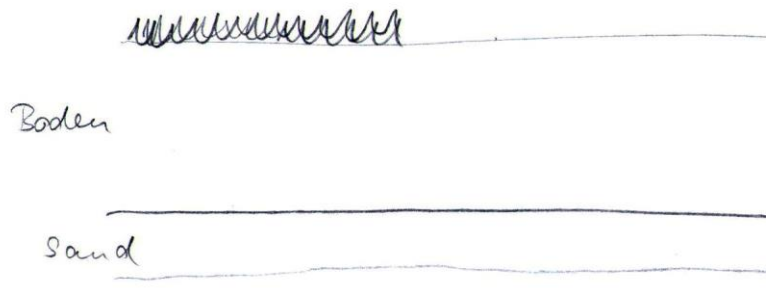

Abbildung 6: Skizze zum Bodenaufbau - Paula

Paulas Vorstellungen zu den Bestandteilen des Bodens sind sehr oberflächlich und beziehen sich auf das Offensichtliche. Sie unterteilt Boden an sich nicht in einzelne Bestandteile. Sie sagt, dass sich im Boden Pflanzen und Kleintiere wie Regenwürmer und Käfer befinden. In der Tiefe käme noch Sand dazu. Weiterhin wären Nährstoffe im Boden enthalten, welche für Tiere und Pflanzen wichtig sind.
In Paulas Vorstellungen gibt es überall auf der Erde, wo kein Wasser ist, Boden. Diese Vorstellung wird durch die Vorlage des Materials zur Bodenentstehung während des Interviews angezweifelt. Das vorgelegte Bild hat sehr wahrscheinlich auch die Vorstellungen zur Bodenentstehung beeinflusst. In den Aussagen sind vier verschiednen Konzepte zu erkennen. Einerseits glaubt Paula, dass es Boden schon immer gäbe. Sie begründet das damit, dass es auch immer schon Pflanzen gab und diese den Boden benötigen. Durch das Bild zur Bodenentstehung (*Bodenentstehung (Material 1, Anhang I*) angeregt, kommt sie zu der Vermutung, dass Boden von einer Stelle, wo es viel Boden gab, zu einer anderen Stelle, wo es vorher nur Stein und keinen Boden gab, hingebracht wurde. Paula kann sich aber auch vorstellen, dass Boden unter irgendwelchen Umständen entstanden ist. Als einen möglichen Faktor nennt sie Klimaveränderungen. Der Einfluss der Zeit ist ihr bei der Bodenentstehung sehr bewusst. Am Ende des Interviews beschreibt Paula den Prozess der Humusbildung durch den Boden. Ob sie diesen Prozess als Teil der Bodenbildung ansieht, wird aber nicht deutlich.
Paula schreibt dem Boden die Lebensraumfunktion für Tiere und Pflanzen zu. Diese Funktion knüpft sie an die im Boden enthaltenen wichtigen Nährstoffe für Tiere und Pflanzen an. Weiterhin beschreibt sie die Lebensraum-, Träger- und Produktionsfunktion für den Menschen. Hierzu gehören für sie das Bauen, Stehen und Leben auf dem Boden, sowie der Anbau von Pflanzen. Interessant ist das Konzept zur Anpassung der Tiere. Sie geht davon aus, dass die Tiere sich dem Boden angepasst haben. Wenn es den Boden nicht geben würde, würden diese woanders leben oder hätten einen anderen Boden.

Veränderungen
Paula geht davon aus, dass sich Boden durch Umwelteinflüsse zum Negativen verändert. Als offensichtliche Auswirkungen nennt Paula die Veränderung der Farbe und der Festigkeit des Bodens. Weiterhin spricht Paula von einer verringerten Nährstoffaufnahme durch den Boden. Die Veränderungen betreffen v.a. die vorher genannte Lebensraumfunktion für Tiere und Pflanzen.
Als Ursache für negative Umwelteinflüsse nennt Paula Abgase von Autos und Fabriken (Abbildung 7). Diese würden direkt, oder über den „Umweg“ des Wasserkreislaufs, auf die Blätter der Pflanzen und den Boden gelangen. Diese Vorstellung entspricht der trockenen bzw. nassen Deposition, wie sie in Fachbüchern dargestellt wird. Paula beschreibt nur sichtbare bzw. fühlbare Veränderungen des Bodens (Farbe und Festigkeit) durch den Eintrag von Abgasen. Die Auswirkungen bewertet sie negativ und spricht davon, dass die Prozesse im Boden, wie die Nährstoffaufnahme und –umwandlung, nicht mehr richtig ablaufen können. Entsprechend der zuvor genannten Bodenfunktionen bietet Boden keinen passenden Lebensraum mehr für Tiere und Pflanzen. Hier kommt die Vorstellung eines natürlichen Kreislaufs hinzu, der durch die Verschmutzung durch Abgase gestört wird. Außerdem könnten Tiere direkt durch gefährliche Flüssigkeiten aus Fabriken getötet werden.

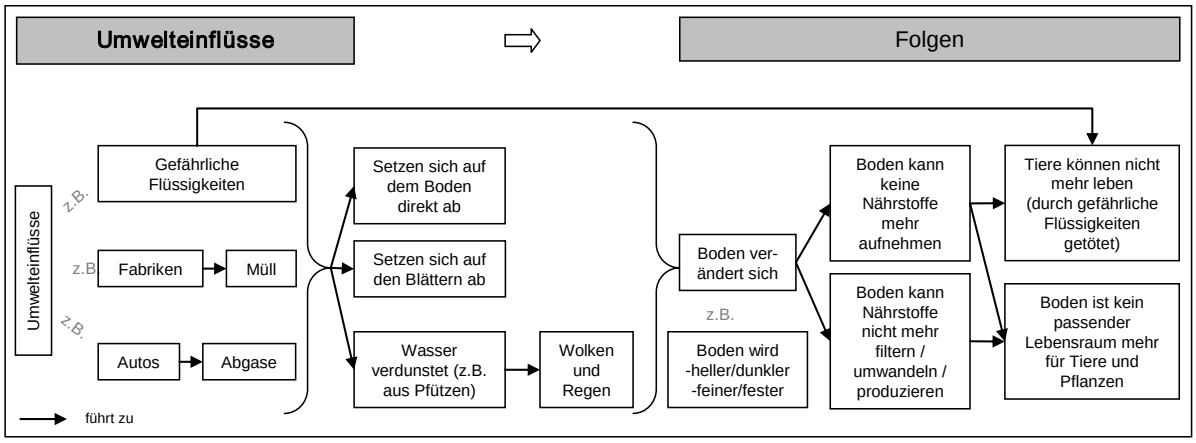

Abbildung 7: SLT – Paula: Umwelteinflüsse

Eine Versiegelung des Bodens sieht Paula als Abschluss des Bodens, welcher verhindert, dass irgendetwas in den Boden gelangen kann. Wenn weder Tiere noch Sauerstoff oder Pflanzen mit ihren Wurzeln durch den Asphalt in den Boden kommen könnten, würde dieser nutzlos und könne seine Aufgaben nicht mehr erfüllen, es könne nichts mehr im Boden leben (Abbildung 8).

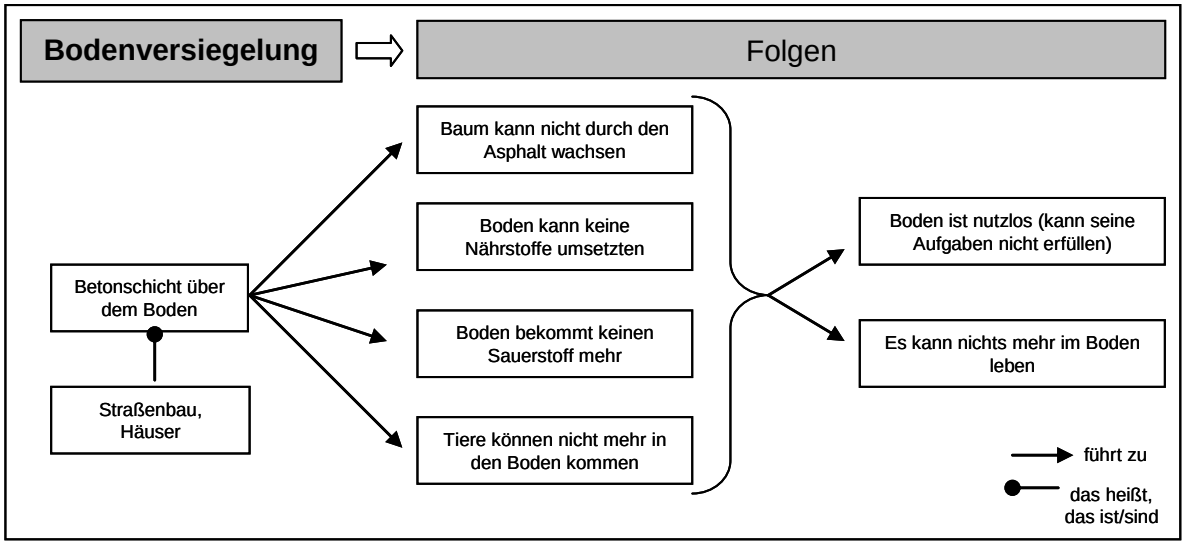

Abbildung 8: SLT – Paula: Bebauung

Das Foto zur Bodenerosion bringt Paula mit dauerhaftem Regen in Verbindung (*Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser*). Als Folge des Regens würde der Boden aufweichen und einsacken. Sie beschreibt einen Prozess der mit der Verschlämmung verglichen werden kann. Dabei würde der weiche, flüssig gewordene Boden in die Leerräume der darunter lagernden Schicht gelangen und verschwinden. Es käme an verschiedenen Stellen zu den im Bild dargestellten „Rissen“. Als Folge dieses Prozesses geht Lebensraum für die Pflanzen verloren.
Das immer weitere Herausstehen des Nagels bei der Nagelmethode erklärt sich Paula mit dem Versuch des Bodens den Nagel loszuwerden, da der Boden den Nagel nicht braucht und keinen Nutzen aus ihm ziehen kann (*Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode*). Der Boden könnte dabei zwischen Pflanzen und dem Nagel unterscheiden. Paula sagt, der Boden würde es merken, ob es sich um Pflanzen handelt, da der Boden sonst auch gegen die Pflanzen ankämpfen würde. Sie spricht dem Boden damit eine aktive, zielgerichtete Handlungsfähigkeit zu, wie einem lebenden Organismus (Abbildung 9).

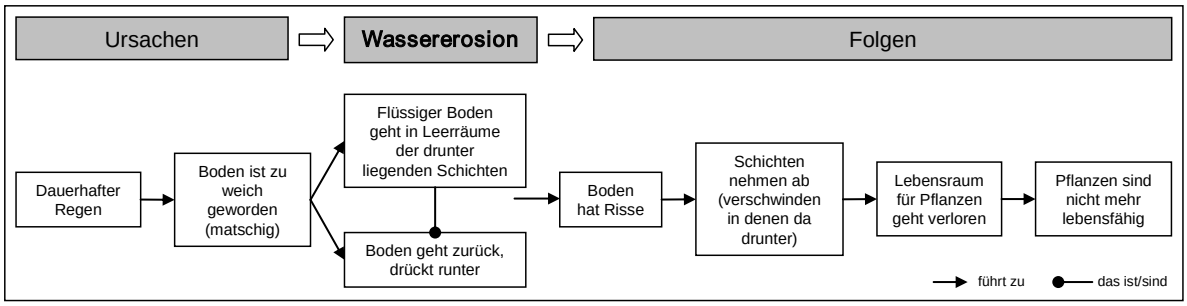

Abbildung 9: SLT – Paula: Wassererosion

Durch den Wind können Sand und Boden verlagert werden. Der Sand stammt nach Paulas Vorstellungen wahrscheinlich vom Strand. Je nach Mächtigkeit der abgelagerten Sandschicht müsste sich der Boden an die neuen Bedingungen anpassen. Der Boden würde die Nährstoffe, die er braucht nicht mehr bekommen. Oder die Nährstoffe würden über den Sand in den Boden gelangen. Nährstoffe werden nach Paulas Vorstellungen dem Boden von außen hinzugefügt und nicht durch ihn gebildet. Bei sehr großen Sandschichten stellt sich Paula die Auswirkungen vor, wie bei der Versiegelung mit Asphalt (Abbildung 10).

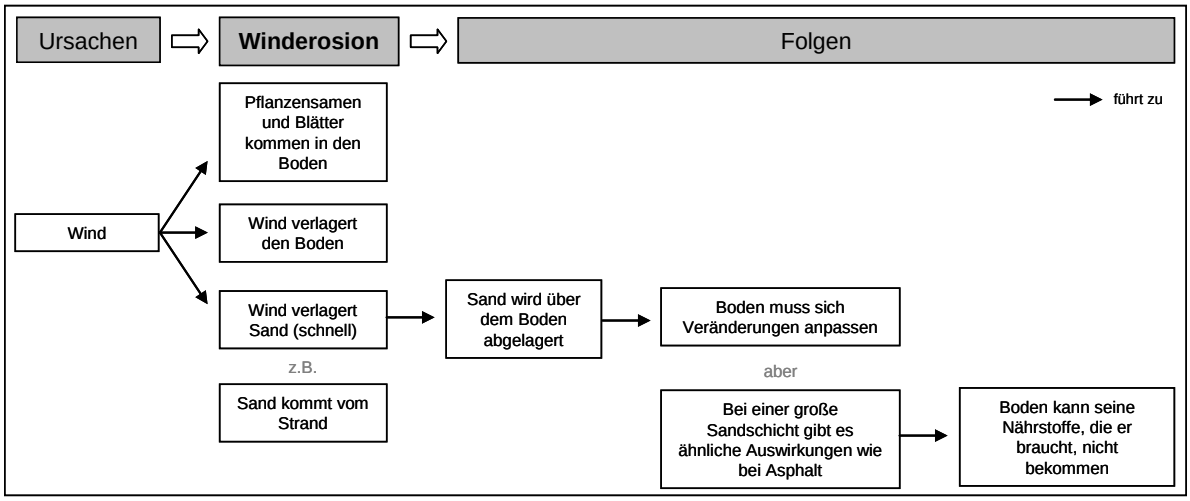

Abbildung 10: SLT – Paula: Winderosion

Das Foto zur Bodenverdichtung (*Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung*) erklärt sich Paula einerseits mit dem Befahren und gleichzeitigen Plattdrücken des Bodens durch den Trecker und andererseits, wie beim Foto zur Bodenerosion, mit dem Einsacken des Bodens durch zu viel Wasser. Beides hätte zur Folge, dass sich Wasser in den Rillen sammelt. Weiterhin mischt sich die Vorstellung unter, dass der Boden Dinge, die er nicht benötigt abstößt (vgl. Nagelmethode). Das Wasser, das zu viel ist, würde der Boden nicht aufnehmen, weil er es im Moment nicht braucht. Durch das Verfestigen des Bodens können sich Wurzeln nicht mehr darin ausbreiten und Tiere nicht mehr darin leben (Abbildung 11).

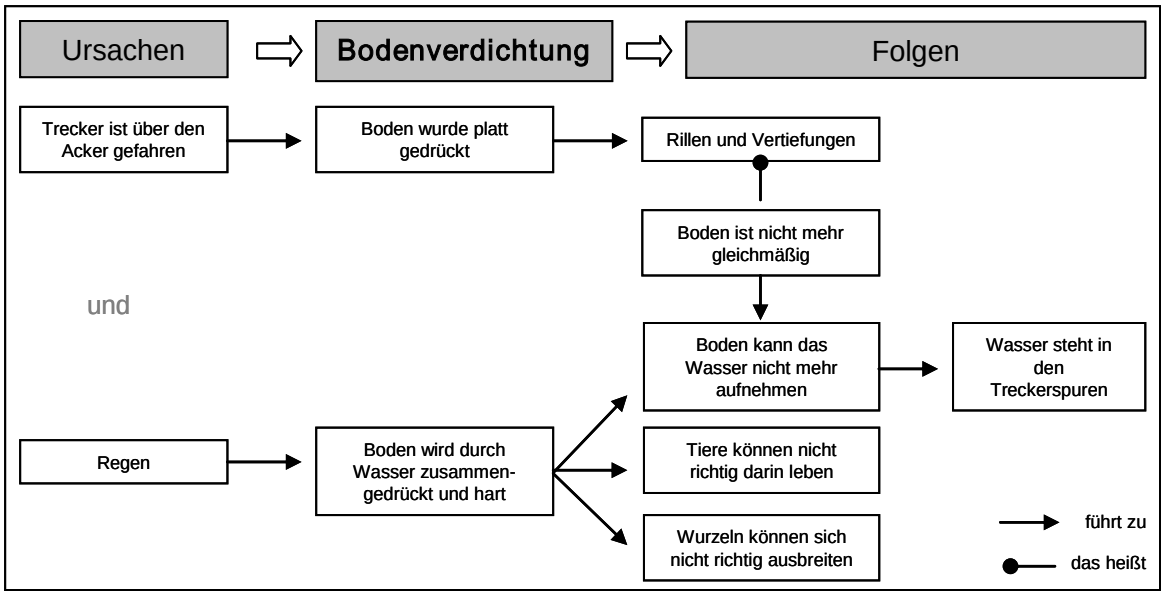

Abbildung 11: SLT – Paula: Bodenverdichtung

Paulas Vorstellungen zur Bodenversauerung sind sehr oberflächlich. Sie sieht die Bodenversauerung als bedrohlich an und vermutet Abgase oder Atomkraftwerke als Ursache für das Absinken des Boden-pH-Wertes. Als Auswirkungen nennt sie die Störung der Umwandlungsprozesse von Nährstoffen. Das führt dazu, dass diese den Tieren und Pflanzen fehlen. Außerdem verbindet Paula die Bodenversauerung mit der Atomkraft, genauer mit der Katastrophe von Tschernobyl, nach welcher Boden und Pflanzen kontaminiert waren und nicht mehr verzehrt werden konnten. Ähnliche Auswirkungen kann sie sich auch heute vorstellen (Abbildung 12).

.

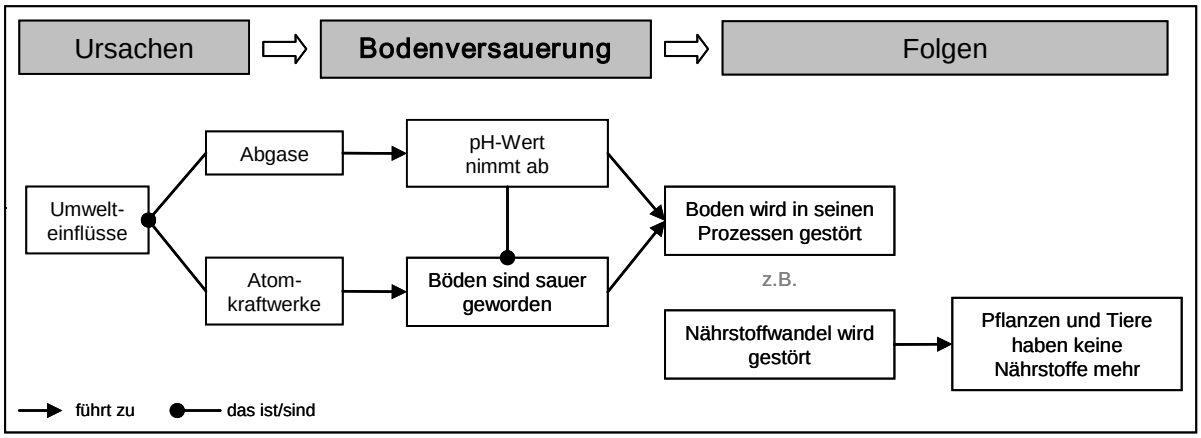

Abbildung 12: SLT – Paula: Bodenversauerung

Insgesamt kann man bei Paula von einem idealistischen Naturbild sprechen. Sie geht z.B. davon aus, dass der Boden sich nicht so stark verändern würde, wenn es keine schädlichen Einflüsse geben würde. Ferner geht sie von der Selbstregulation des Bodens aus, der Dinge, die er nicht braucht, auch nicht aufnimmt (zu viel Wasser) oder sogar abstoßen kann (Nagel).

Bedeutung von Begriffen

Den Begriff *Bodenerosion* hat Paula schon einmal gehört, kann ihn aber nicht erklären. *Bodenverdichtung* bringt sie intuitiv mit dem dichter und platter werden des Bodens in Verbindung. *Bodenversauerung* bringt sie mit der vorgelegten Schlagzeile in Zusammenhang.

Sprachliche Aspekte

Paula personifiziert den Boden. Sie schreibt ihm Eigenschaften eines lebenden Organismus zu, der aktiv Handlungen ausüben kann. Diese Eigenschaft zieht sich in Paulas Sprache durch das gesamte Interview, wie an den folgenden Beispielen deutlich wird:

Boden nimmt Stoffe auf, setzt sie um und „*übt Aufgaben aus*“(396). Boden „*leidet*“ (283) unter Umwelteinflüssen und „*reagiert*“ (330) auf diese. Er „*produziert*“ (336) Nährstoffe. Boden ist mit zu viel Wasser „*überfordert*“ (461) und „*kämpft gegen Dinge*“ (568 ff.) die ihn stören an, da er „*merkt*“ (590 ff.), dass er diese Dinge, z.B. einen Nagel, nicht gebrauchen kann.

Herkunft

Paulas Vorstellungen stammen aus den üblichen Quellen. Einige Aspekte zum Boden, der Humusbildung und der Nährstoffaufnahme wurden ebenso im Biologieunterricht behandelt, wie der schädliche Einfluss von Abgasen auf die Umwelt. Als weitere Quellen gibt die Schülerin die Zeitungen, das Fernsehen und eigene Erfahrungen, z.B. beim Graben eines Loches, an.

Widersprüche, Brüche, Probleme, Interessen

Zu Beginn des Interviews geht Paula davon aus, dass es überall auf der Welt, wo kein Wasser ist Boden gibt. Sie glaubt auch, dass es Boden schon immer gäbe. Durch die Vorlage des Materials zur Bodenentstehung wird diese Vorstellung verändert. Für sie ist es neu, dass es an manchen Stellen nur Gestein gibt. Ad hoc entwickelt sie während des Interviews verschiedene Vermutungen, wie Boden an eine bestimmte Stelle kommen kann. Dabei kann sie sich vorstellen, dass Boden sich aus irgendetwas entwickelt hat, kann das Material, aus welchem Boden entsteht, oder die Umstände aber nicht genauer beschreiben. Als eine Möglichkeit nennt sie Klimaveränderungen. Ferner sagt sie, dass Boden von einer Stelle, wo mehr Boden vorhanden ist, an eine andere Stelle auf die Steine hin gebracht worden ist, Boden also einen bestimmten Weg „zurück gelegt“ hat. Boden und Gestein haben sich dann mit der Zeit vermischt. Am Ende des Interviews spricht Paula noch davon, dass Boden Humus bildet. Sie verbindet das aber nicht direkt mit der Bodenentstehung.
Ein weiteres Problem sind die Nährstoffe. Einerseits zählt Paula die für die Tiere und Pflanzen wichtigen Nährstoffe zu den Bestandteilen des Bodens dazu. Andererseits sagt sie, dass Nährstoffe, welche der Boden braucht, durch eine große Sandschicht nicht mehr in den Boden gelangen können. Es wird nicht deutlich, ob Paula glaubt, dass die Nährstoffe im Boden bereits enthalten sind und umgesetzt, vom Boden gebildet werden oder ob sie von außen hinzugefügt werden.
Paula interessiert sich für die Prozesse, die im Boden stattfinden und für die Folgen, welche die verschiedenen Umwelteinflüsse auf den Boden haben.

Paula - Einzelstrukturierung

Konzepte zum Boden

Begriffe

Bodenschicht: Boden ist eine Schicht, die überall drunter ist.
Erde: Erde ist feines Material, das man auch kaufen kann.
Humus: Humus gehört zum Boden dazu und wird vom Boden gebildet.

Boden Aufbau

Bodenschichten: Boden besteht aus mehreren Schichten. In der obersten Schicht (Ackerboden) befinden sich Pflanzen und Tiere. Darunter kommt ein Gemisch. Daran schließen sich verschiedene andere Schichten an. Zuunterst kommt eine Sandschicht.
Unterschiede in den Schichten: Die Schichten sind mal heller oder dunkler, mal fester, nass oder trocken.
Ursachen für die Unterschiede: Die unterschiedlichen Farben entstehen durch die unterschiedliche Zusammensetzung und den Standort des Bodens.
Mächtigkeit: Im Garten ist das etwa einen Meter.

Boden Bestandteile

Lebende Organismen: Im Boden sind Kleintiere und Pflanzen.
Nährstoffe: Im Boden sind Nährstoffe, die für Pflanzen und Tiere wichtig sind.
Anorganischer Bestandteil: Je tiefer es wird, kommt noch eine Sandschicht.

Vorkommen

Boden ist überall: Boden ist überall. Er wäre einmal rund um die Erde, außer da, wo Wasser ist.

Bodenentstehung

!! Boden wird hingebracht: Boden wird von einer Stelle, wo mehr Boden war, über einen vielleicht Kilometer langen Weg, auf die Steine, eine Stelle, wo es keinen Boden gibt, gebracht.
!! Boden gab es schon immer: Boden gab es schon immer, weil es auch schon immer Pflanzen gegeben hat.
? Boden entwickelt sich: Vielleicht hat sich Boden unter irgendwelchen Umständen aus irgendetwas entwickelt.
Zeit: Es dauert ziemlich lange bis sich Boden entwickelt.
Boden bildet Humus: Boden nimmt Blätter auf und bildet Nährstoffe. Er bildet eine Schicht, die mit zum Boden dazu gehört.

Prozesse

? Boden atmet: Ich weiß nicht, ob Boden atmet, aber er würde keinen Sauerstoff mehr kriegen, wenn eine Betonschicht drüber wäre.
!! Nährstoffe werden umgesetzt: Wenn eine Betonschicht über dem Boden wäre, könnte er keine Nährstoffe mehr umsetzen, weil er die Stoffe, die er braucht, nicht mehr kriegt.
!! Nährstoffe werden aufgenommen: Durch die Umwelteinflüsse kann Boden die Nährstoffe nicht mehr so gut aufnehmen.
!! Nährstoffe werden produziert: Boden nimmt Blätter auf und bildet Nährstoffe.

Bodenfunktionen

Lebensraumfunktion: Wenn es den Boden nicht geben würde, hätten die Pflanzen keinen Untergrund und die Tiere keinen Lebensraum. Boden hat für Pflanzen und Tiere Nährstoffe. Wenn es den Boden nicht geben würde, hätten sich die Tiere vielleicht so angepasst, dass sie woanders leben würden.
Trägerfunktion: Boden ist wichtig, dass wir drauf bauen, stehen und leben können.
Produktionsfunktion: Wir brauchen Boden um unsere Pflanzen darauf anzubauen.

Veränderungen im Boden

Umwelteinflüsse: Boden leidet unter Umwelteinflüssen wie Abgasen und Ähnlichem. Boden verändert sich, wird heller oder dunkler, feiner oder fester. Boden kann Nährstoffe dann nicht mehr so gut aufnehmen und ist kein passender Lebensraum mehr für Tiere und Pflanzen.

Konzepte zur Bodenzerstörung

Umweltverschmutzung

Ursachen

Abgase: Ursachen für die Umweltverschmutzung sind Abgase von Autos und Fabriken oder gefährliche Flüssigkeiten.
Direkte Ablagerung: Abgase lagern sich direkt auf den Boden oder den Blättern ab. Die verschmutzten Blätter fallen dann auf den Boden.
Belastungspfad Wasserkreislauf: Abgase gelangen über verdunstetes Wasser in die Wolken und kommen dann mit dem Regen auf den Boden.

Folgen

Veränderung des Bodens: Boden wird heller oder dunkler, feiner oder fester.
Veränderung der Nährstoffumsetzung: Boden kann keine Nährstoffe mehr aufnehmen, diese nicht mehr filtern, umwandeln oder produzieren.
Veränderung des Lebensraumes: Boden ist kein passender Lebensraum mehr für Tiere und Pflanzen.
Zeit: Der Boden ist nicht vergiftet, die Pflanzen stehen im Moment ja noch da. Aber wenn da so viele Abgase drin sind und das auf Dauer zunimmt, wird es auf lange Zeit schon gefährlich.
Tote Tiere: Tiere werden durch gefährliche Flüssigkeiten getötet.

Bebauung

Abschluss: Eine Betonschicht verhindert, dass Sauerstoff, Tiere, Pflanzen mit ihren Wurzeln in den Boden gelangen.

Bedeutung Wasser: Boden braucht Wasser zum Leben und um es an die Pflanzen weiter zu geben.

Bodenerosion

Wassererosion

Ursachen

Zu viel Wasser: Wenn über einen langen Zeitraum ganz viel Wasser auf den Boden kommt, wird der Boden weich und matschig. Boden kann das Wasser nicht mehr aufnehmen.

Einsacken: Wenn der Boden flüssig ist, könnte das Material in die Leerräume und Ritzen zwischen den Steinen darunter gehen. Der Boden sackt ein und geht zurück.

Folgen

Schichten verschwinden: Die Schichten nehmen ab und verschwinden in denen unten drunter.

Lebensraum geht verloren: Der Lebensraum für Pflanzen geht verloren und die Pflanzen sind nicht mehr lebensfähig.

Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode

Ankämpfen: Der Boden braucht keine Nägel, kämpft dagegen an und versucht sie los zu werden. Der Boden merkt, ob es sich um eine Pflanze oder um den Nagel handelt, denn sonst würde er Pflanzen auch hoch drücken.

Winderosion

Verlagerung: Wind verlagert Boden und Sand. Der Sand kommt vom Strand und wird über dem Boden abgelagert.

Anpassung: Der Boden muss sich an die Veränderungen anpassen. Nährstoffe müssen durch den Sand in den Boden gelangen.

Abschluss: Bei einer großen Sandschicht kommt es zu ähnlichen Auswirkungen wie bei einer Asphaltschicht. Boden kann die Nährstoffe, die er braucht, nicht mehr bekommen.

Begriff Bodenerosion: Kein Konzept vorhanden.

Bodenverdichtung

Ursachen

Treckerspuren: Ein Trecker ist über den Acker gefahren und hat den trockenen Boden zusammengepresst. Es kommt zu Rillen und Vertiefungen. Der Boden ist nicht mehr gleichmäßig. Dann hat es geregnet und in den Spuren steht das Wasser.

Regen: Durch das Wasser wird der Boden platt zusammengedrückt und sinkt dann.

Folgen

Boden nimmt Wasser nicht auf: Der Boden nimmt das Wasser nicht auf, weil er es im Moment nicht braucht. Es entstehen große Pfützen.

Boden sackt ein: Boden wird weich und flüssig und sackt ab.

Boden ist hart: Wenn der Boden zu hart ist, können sich die Wurzeln nicht ausbreiten und die Tiere nicht richtig im Boden leben.

Begriff Bodenverdichtung: Das kommt vom Wort Verdichtung. Der Boden wird immer platter und dichter und nimmt an Höhe ab.

Bodenversauerung

Ursachen

Abgase: Bestimmt kommt das Sinken des pH-Wertes durch Abgase.

? Atomkraftwerke: 1986 war auch das mit dem Atomkraftwerk. Vielleicht hat sich das auf den Boden ausgewirkt.

Folgen
Ungesund: 1986 durfte man nichts Angebautes, z.B. Kartoffeln, essen, weil der Boden das aufgenommen und weitergegeben hat.
Gestörte Prozesse: Wenn der pH-Wert sinkt, wird Boden in seinen Prozessen gestört. Prozesse, dass er Dinge umwandelt oder aus Blättern oder Anderem was zieht, was er für die Nährstoffe braucht.
Nährstoffe fehlen: Tiere und Pflanzen haben keine Nährstoffe mehr.
Begriff Bodenversauerung: Das ist bestimmt, dass der Boden-pH-Wert abnimmt, die Schlagzeile mit den Böden, die so sauer wie Essig sind.

Idealistische Naturvorstellung
pH-Wert: Der Boden würde den pH-Wert nicht so verändern, wenn es keine schädlichen Einflüsse gäbe. Wenn es so sein müsste, dass der Boden einen pH-Wert von 4 hat, dann wäre es schon länger so.
Wassergehalt: Wenn das Wasser auf dem Boden steht, bedeutet das, dass der Boden nicht mehr aufnehmen kann, weil der das im Moment nicht braucht.

Interview 5: Tom (15 Jahre alt)

Tom – Redigierte Aussage

(1-17)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Probe Nr. 1 sieht ein bisschen gröber aus, da ist mehr Sand drin. Ist schon dunkel, aber so kleine Sandstückchen, Körnchen. Und das andere ist feiner und eigentlich nur Humuserde, schon ziemlich zerkleinert. Und jetzt noch mal das erste, da sind Pflanzenstückchen mit drin. Und Wurzeln und so was alles. Beide Proben sind Erde. Probe zwei ist feinere Humuserde, nicht mit so groben Pflanzenstückchen drin wie in der ersten.

(18-29)
Erde, das ist glaube ich Sand, Sand ist so steinchenmäßig. Die Erde ist mit Nährstoffen und zerkleinerten Pflanzenbestandteilen, die dann verrottet sind und diesen dunklen Ton da rein bringen. Humuserde ist ziemlich fruchtbare Erde.

(30-51)
Es gibt verschiedene Böden: Sandböden und Humusböden und so was. Einfach der Boden auf dem freien Feld. Lehm gibt es auch. Man könnte das so unterteilen wie sie zusammengesetzt sind und die Sandböden haben mehr sandige Stückchen drin. Da ist mehr Sand und nicht so viel Dunkles, also Pflanzenbestandteile. Und Lehmböden sind lehmig, klebrig, sie sind fester.

(52-64)
Wenn ich mit einem Spaten ein Stück Boden raus heben würde, würde ich wahrscheinlich erstmal die schwarze Erde und vielleicht auch Wurzeln von Pflanzen finden, Würmer (andere kleine Tiere, Insekten, Käfer) und schon verrottete Pflanzenteile.

(65-93)
Wenn ich auf dem Boden stehe, ist erstmal der dunkle Boden, also Humuserde bzw. Erde da drunter, etwas tiefer auf jeden Fall Sand. Einmal ist hier Erde und abwärts ein ordentliches Stück (vielleicht ein Meter oder eineinhalb) Sand. Dann kommen verschiedene Schichten, manchmal kommt vielleicht Ton oder harte Gesteinsarten. Zum Boden gehört die Erde bzw. der oberste Meter. Wenn oben erstmal Sand ist, dann würde ich sagen ist, der Sand der Boden (was unter der Oberfläche ist).

(94-100)
Wenn ich alles bis zu den Steinen zum Boden dazu zähle, geht der etwa zweihundert Meter (?) runter.

(101-112)
Die Schichten gehen auch schon mal ein bisschen hoch und runter. Das kann sein, wenn da mal ein Bach war, dass das dann ein bisschen ausgegraben ist. Oder dass da vielleicht mal Sand hingeschwemmt wurde oder wieder weg und das kann variieren. Ein Meter ist dann ein Durchschnittswert.

(113-123)
An diesen Grenzen geht das über, von Erde, sagen wir mal, zu Sand. Vielleicht kommt das von Pflanzen, die da gewachsen sind und dann verrotteten, irgendwann muss das ja mal angefangen haben, dass auf Sand die Pflanzen gewachsen sind. Und die sind immer höher gewachsen und damit ist dann auch die Humusschicht bzw. Erde dann immer höher gegangen von den ganzen Bestandteilen von den Pflanzen. Die haben sich dann so gesehen übereinander gelagert.

(124-143)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Ganz links ist der Boden nur fester Felsen, also das Graue. Je weiter man nach rechts geht, desto steiniger wird das, der ist viel mehr zersplittert und zersprungen und da spaltet sich das in immer kleinere Stücke auf, bis das dann auf die Erde trifft, die mit den ganzen Wurzeln von den Bäumen durchwachsen ist. Vielleicht war da mal ein Meer, das da dran gebrandet ist und dann alles so zerstückelt hat von den Felsen. Irgendwann war das weg und dann hat sich

der Sand darüber gelagert. Vielleicht wurde die Erde durch den Wind dahin gepustet und darauf sind dann die ersten Pflanzen gewachsen und das ging dann immer so weiter.

(144-150)
Die Erde ist durch Pflanzen entstanden, erst war es vielleicht ein bisschen und je mehr der gewachsen ist, desto mehr Pflanzen sind da vielleicht auch verrottet und das sind dann eben die Bestandteile, die noch übrig sind, die noch nicht ganz weg sind, die Erde.

(151-154)
Ein Meter Erde entsteht vielleicht in fünftausend Jahren oder in dreitausend.

(155-173)
Wenn es den Boden (Erde) nicht geben würde, wäre wahrscheinlich gar nichts, bzw. auf dem Land wäre nichts, weil es da keine Nährstoffe gäbe. Im Sand sind nämlich nur kleine Steinchen und da sind dann keine Nährstoffe drin und dann können auch keine Pflanzen wachsen und im Grunde genommen würde dann eigentlich gar nichts gehen. Die Pflanzen würden keinen Kohlenstoff zu Sauerstoff umwandeln. Wir könnten keine Äpfel essen oder die ganzen Nahrungsmittel würden nicht mehr wachsen. Ich weiß nicht, aber auf dem Land würde dann eigentlich nur Sand sein, so gesehen Wüste.

(174-181)
Ich glaube, einen direkten Bezug zur Erde habe ich weniger, ich würde eher sagen, ich habe einen Bezug zu dem Gras oder zum Rasen, der auf der Erde wächst.

(182-198)
Der Mensch hat eher eine Beziehung zu Pflanzen als zu der Erde, weil wir irgendwie davon abhängig sind! Und die Erde sieht keiner als etwas, das einem was bringt. Die Pflanzen kann man ernten oder essen oder sich drauf hinlegen und wenn man sich in die Erde legt, dann ist man direkt dreckig. Ich glaube schon, dass die Erde wichtig ist, weil man eben dadurch die Nahrung bekommt, dass darauf was wächst. Die in der Wüste wären sicher froh, wenn sie Erde hätten anstatt Sand.

(199-203)
Es gibt Lebewesen, die wohnen in der Erde, Regenwürmer oder Maulwürfe. Und die sind von einander abhängig, der Maulwurf isst den Regenwurm, und so gesehen sind die Tiere da schon mehr mit verbunden.

(204-213)
Erde begegnet mir bei uns im Garten oder auf dem Feld oder im Blumenbeet. Aber sonst weniger (nicht viel), sonst eher Sand, wenn man zum Beispiel am Strand ist. Vielleicht auf einem Friedhof, wenn ein Grab ausgehoben wird und man das sieht.

(214-240)
<u>Boden</u> in fünfzig (hundert, tausend) Jahren. Ich weiß nicht, ob es da noch genauso ist. Erde wird es bestimmt noch geben, aber ob die Tiere jetzt dieselben sind, weil es jetzt die Klimaerwärmung gibt und das alles, dass vielleicht manche Pflanzen aussterben, dass man das anders sieht alles. Vielleicht gibt es dann auch viel mehr (größere) Städte, dass dann vieles einfach überbaut ist. Dass man Boden gar nicht mehr sieht, wenn man in der Stadt ist. Es kann aber auch sein, dass dann gar keine Menschen mehr leben, dass alles so vor sich hin wächst und man Erde gar nicht mehr sieht, weil alles zugewachsen ist. Vielleicht wird es trockener, dass die Wüste sich ausbreiten würde, weil der Sand drüber gepustet wird, dass es dann ziemlich vergraben ist unter dem ganzen Sand.

(241-254)
Es gibt Veränderungen der Pflanzenwelt oder den Pflanzen ist es hier zu heiß und dass es vielleicht gar keine Pflanzen mehr gibt, weil die alle schon vertrocknet (verbrannt) sind und dass es eigentlich so die Erde nicht mehr gibt, weil die ausgetrocknet ist. Vielleicht, dass der Sand sich daraus löst und dass wirklich alles Wüste wird. Für die Landwirtschaft hat das Auswirkungen, dass viele Sachen nicht

mehr angebaut werden können. Oder vielleicht gibt es dann auch neue Möglichkeiten irgendwas anzubauen.

(255-292)
Wenn der Boden bebaut wird, bleibt die Erde da drunter erhalten, aber ob die dann weiter verrottet oder Ähnliches? Wahrscheinlich wird dann darunter alles so abgeschlossen sein (nach oben hin verschlossen), da wäre wahrscheinlich kein Leben mehr drin. Da kommt keine Luft mehr richtig dran. Wenn Asphalt drüber ist, dann würden die Tierarten ein bisschen zurückgedrängt, die da sonst leben würden. Da käme wahrscheinlich auch weniger Wasser an. Das Wasser würde auf dem Asphalt das ja in die Abflüsse reingehen, wenn jetzt welche in der Stadt sind. Das ist so direkt nicht schlimm. Aber ich glaube, wenn irgendwelche Schadstoffe dadurch in den Boden kommen, ist das irgendwie verseucht. Da fahren Autos drüber und irgendwelche Partikel vom Motor (das Gummi von den Reifen) landen auf der Straße, dass das da hängen bleibt. Auswirkungen auf das Leben im Boden hat das nicht, weil da wahrscheinlich keins mehr ist. Aber wenn der Asphalt wieder weg käme, dass da vielleicht nichts mehr hin könnte, weil das ein bisschen verseucht ist da drunter.

(293-297)
Auswirkungen dieser Veränderungen im Boden sind vielleicht Dürren, dass wir zu wenig Nahrung bekommen, dass es zu heiß ist im Sommer, dass man kaum noch aus dem Haus kann, Sonnenbrände, vielleicht auch, dass viele Pflanzen vertrocknen.

(298-312)
Durch den Wind kann irgendwas weggepustet werden. Ich weiß nicht mehr, was es war, entweder Sand, vielleicht der Humus bzw. die Nährstoffe, die kleinen Partikel bleiben dann irgendwo hängen (der Sand sammelt sich) und es könnte auch sein, dass da Sanddünen (Riesendünen) entstehen. Für die Pflanzen hat das Auswirkungen. Wenn ihnen der Sand (Humus) unter den Wurzeln weggeblasen wird, bekommen die keine Nährstoffe mehr. Oder dass das vielleicht so weit wegkommt, dass nur noch die Sandschicht da ist.

(313-333)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Das sieht trocken aus. Damit Sand weggeweht wird, muss es ziemlich windig sein und dass da kein Wald neben ist, wo der Wind aufgehalten wird. Dass es viel auf freien Flächen passiert. Es passiert nicht so, wenn das mitten im Wald ist, weil die Bäume wahrscheinlich viel abhalten oder die Hecken, die man auf dem Bild sieht. Es könnte bei den Pflanzen sein, dass die Samen wegfliegen, wie beim Löwenzahn, dass die durch den Wind noch weiter fliegen.

(334-345)
Im Wasser lösen sich die ganzen Mineralien und Nährstoffe und der Boden hat auch noch eine Bedeutung für das Wasser, weil das Wasser wird im Boden gefiltert. Das läuft dann weiter nach unten, bis es auf die Schichten trifft, wo das nicht durch kann, wie Ton und läuft dann so gesehen zur Seite ab und sammelt sich dann an. Dann kann da ein Fluss oder eine Quelle entspringen.

(346-367)
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Da hat sich das Wasser gesammelt, ist abgelaufen und hat das alles weggespült (ausgespült), den ganzen Sand bzw. Humus. Wahrscheinlich sind auch die ganzen Pflanzen weggeschwemmt worden, wo das tiefer rein gegangen ist. Und wenn da solange Wasser war, kann das sein, dass die Pflanzen abgestorben sind, weil das eigentlich Landpflanzen sind und nicht Wasserpflanzen, die unter Wasser stehen. Vielleicht sind auch wichtige Nährstoffe aus dem Boden weggeschwemmt worden, der hier vorher war.

(368-381)
Mit der Luft kommt Sauerstoff in den Boden, der wahrscheinlich für kleine Bakterien gebraucht wird, die Pflanzen zersetzen, damit Humus entsteht. Wenn da keine Luft drin wäre, wäre es wahrscheinlich hart wie Stein. Weil die Zwischenräume irgendwie gefüllt werden müssen.

(382-433)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I); Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I): Das kommt vielleicht vom sauren Regen. Und der hat irgendwas mit Abgasen zu tun. Ich glaube mit Schwefel, durch Fabriken. Die Böden werden durch den sauren Regen sauer. 1980 war der Regen noch nicht so sauer oder ist noch nicht so eingedrungen. Da sind vielleicht nicht so viele Leute mit dem Auto gefahren. Zum Jahr 2000 hin wurde das immer heftiger mit dem sauren Regen. Der Boden ist immer saurer geworden. Das kann vielleicht sein, dass irgendwelche Pflanzen oder Mikroorganismen (Bakterien) nicht mehr leben können, weil es zu sauer für die ist. Vielleicht werden irgendwelche Stoffe verändert, weil die mit dem Sauren reagieren. Dass das mit den Nährstoffen nicht mehr ganz klappt, weil der Boden so sauer ist. Ich weiß, wie man das vielleicht ändern könnte. Die haben da irgendwas mit Kalzium oder Kalium gemacht. Der wird dahin gestreut und ich glaube, dass da ein pH-Wert ins Blaue hinein geht, das gleicht sich dann aus mit dem Sauren, das wird wieder neutral.

(434-459)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Es sieht nass aus auf dem Bild, dass es vielleicht darunter ausgeschwemmt ist, oder mit dem Wind weggeweht, aber es ist glaube ich vom Wasser. Wenn das weiter so weggeht, dann ist da wahrscheinlich irgendwann nichts mehr, der Sand nur noch. Dann ist das unfruchtbar. Da kann nichts mehr wachsen. Hier unten sieht es trocken aus, da war es wahrscheinlich vorher nass und ist trocken geworden und jetzt sind da schon Risse drin. Das sieht auch so aus, als wenn da vorher richtig Wasser gestanden hat. Weil das so glatt ist, nicht so wie auf dem zweiten Bild, wo das ein bisschen aufgelockert aussieht.

(460-477)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Da steht das Wasser drauf und das kann Lehm oder so was sein, der das Wasser nicht so gut durch lässt und dass das deshalb so nass ist. Ich glaube, das ist nur hier im vorderen und linken Teil, weiter hinten rechts ist das ja nicht mehr so. Da geht es aber auch so schräg hoch, als wenn da ein Hügel wäre. Das kann auch sein, dass das oben, wenn das wirklich Lehm ist, dass das vom Berg die Schräge runter läuft und hier irgendwo ein bisschen gerader stehen bleibt.

(478-508)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Also, die lockere Probe würde ich eher rechts oben und die feste, wenn überhaupt, dann hier vorne zuordnen, weil die lockere wahrscheinlich das Wasser eher durchlassen würde, als dass es oben drauf stehen bleiben würde. Das liegt möglicherweise daran, dass das verschiedener Boden ist. Die Pflanzen hier unten können weniger gut wachsen, wenn die zu viel Wasser haben.

(509-518)
Begriff Bodenversauerung: Das war gerade eben mit dem Wald, dass der Boden sauer geworden ist durch sauren Regen, Schwefel und so was alles.

(519-525)
Begriff Bodenerosion: Das kann durch Wind oder Wasser passieren, dass vielleicht Boden weggeschwemmt wird oder weggeblasen vom Wind. Dass da was verloren geht. Abtragung durch Wasser und Wind.

(526-545)
Begriff Bodenverdichtung: Das ist nicht so lose krümelig, sondern eher fest und zusammen, wie diese feste Probe hier. Vielleicht kommt das Wasser da schlechter durch oder manche Pflanzen bekommen da ihre Wurzeln nicht richtig rein. Es gibt ja Pflanzen, die wollen lieber im Garten so lockere Erde haben und andere so ganz feste.
Vielleicht kann das durch Wasser passieren, dass das den Rest noch in die kleinen Löcher reinspült, die vielleicht noch frei sind oder durch Fahrzeuge, die darüber fahren.

(546-556)
Das mit Erosion hatten wir in der Schule, aber Bodenarten eigentlich gar nicht, das merkt man wenn man draußen spielt und davon hat man manches, auch aus dem Fernsehen oder Büchern oder auch von zu Hause, wenn man da viel draußen ist.

(557-565)
Es gibt nichts, das mich zu dem Thema näher interessiert.

Tom - Geordnete Aussage

Boden

Bodenproben Ansprache (1-17)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Beide Proben sind Erde. Probe eins sieht ein bisschen gröber aus, da ist mehr Sand (kleine Sandstückchen, Körnchen) drin. Ist schon dunkel und da sind Pflanzenstückchen (Wurzeln) mit drin. Probe zwei ist feinere Humuserde (ziemlich zerkleinert), nicht mit so groben Pflanzenstückchen drin wie in der ersten.

Boden Begriffsbestimmung (1-17) (18-29) (65-93)
Erde ist glaube ich Sand, Sand ist so steinchenmäßig. Die Erde ist mit Nährstoffen und zerkleinerten Pflanzenbestandteilen, die dann verrottet sind und diesen dunklen Ton da rein bringen.
Humuserde ist ziemlich fruchtbare, feinere (ziemlich zerkleinerte) Erde.
Zum **Boden** gehört die Erde bzw. der oberste Meter. Wenn oben erstmal Sand ist, dann würde ich sagen, ist der Sand der Boden (was unter der Oberfläche ist).

Boden Aufbau (65-93)
Wenn ich auf dem Boden stehe, ist erstmal der dunkle Boden, also Humuserde bzw. Erde da drunter, etwas tiefer (abwärts, vielleicht ein Meter oder eineinhalb) auf jeden Fall Sand. Dann kommen verschiedenen Schichten, manchmal kommt vielleicht Ton oder harte Gesteinsarten.

Schichten Unterschiede (101-112) (113-123)
Die Schichten gehen auch schon mal ein bisschen hoch und runter. Das kann sein, wenn da mal ein Bach war, dass das dann ein bisschen ausgegraben ist. Oder dass da vielleicht mal Sand hingeschwemmt wurde oder wieder weg und das kann variieren. An diesen Grenzen geht das über von Erde, sagen wir mal, zu Sand. Vielleicht kommt das von Pflanzen, die da gewachsen sind und dann verrotteten, irgendwann muss das ja mal angefangen haben, dass auf Sand die Pflanzen gewachsen sind. Und die sind immer höher gewachsen und damit ist dann auch die Humusschicht bzw. Erde dann immer höher gegangen von den ganzen Bestandteilen von den Pflanzen. Die haben sich dann so gesehen übereinander gelagert.

Boden Bestandteile (18-29) (30-51) (52-64) (368-381)
Erde, das ist glaube ich Sand, Sand ist so steinchenmäßig. Die Erde ist mit Nährstoffen und zerkleinerten Pflanzenbestandteilen, die dann verrottet sind. Es gibt verschiedene Böden (Sandböden, Humusböden, Boden auf dem freien Feld, Lehm). Man könnte das so unterteilen wie sie zusammengesetzt sind und die Sandböden haben mehr sandige Stückchen (Sand) drin und nicht so viel Dunkles, also Pflanzenbestandteile. Wenn ich mit einem Spaten ein Stück Boden raus heben würde, würde ich wahrscheinlich erstmal die schwarze Erde und vielleicht auch Wurzeln von Pflanzen finden, Würmer (andere kleine Tiere, Insekten, Käfer) und schon verrottete Pflanzenteile. Mit der Luft kommt Sauerstoff in den Boden. Wenn da keine Luft drin wäre, wäre es wahrscheinlich hart wie Stein. Weil die Zwischenräume irgendwie gefüllt werden müssen.

Bodenentstehung (113-123) (144-150) (151-154) (368-381)
Irgendwann muss das ja mal angefangen haben, dass auf Sand die Pflanzen gewachsen sind. Und die sind immer höher gewachsen, sind da vielleicht auch verrottet und damit ist dann auch die Humusschicht bzw. Erde dann immer höher gegangen von den ganzen Bestandteilen von den Pflanzen. Das sind dann eben die Bestandteile, die noch übrig sind (nicht ganz weg sind), die Erde. Die haben sich

dann so gesehen übereinander gelagert. Mit der Luft kommt Sauerstoff in den Boden, der wahrscheinlich für kleine Bakterien gebraucht wird, die Pflanzen zersetzen, damit Humus entsteht.
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I) (124-143)
Ganz links (das Graue). Da ist der Boden nur fester Felsen. Je weiter man nach rechts geht, desto steiniger wird das, der ist viel mehr zersplittert (zersprungen) und da spaltet sich das in immer kleinere Stücke auf, bis das dann auf die Erde trifft, die mit den ganzen Wurzeln von den Bäumen durchwachsen ist. Vielleicht war da mal ein Meer, das da dran gebrandet ist und dann alles so zerstückelt hat von den Felsen. Irgendwann war das weg und dann hat sich der Sand darüber gelagert. Vielleicht wurde die Erde durch den Wind dahin gepustet und darauf sind dann die ersten Pflanzen gewachsen und das ging dann immer so weiter. Ein Meter Erde entsteht vielleicht in fünftausend (dreitausend) Jahren.

Mächtigkeit (65-93) (94-100) (101-112)
Zum Boden gehört die Erde bzw. der oberste Meter. Die Schichten gehen auch schon mal ein bisschen hoch und runter. Das kann sein, wenn da mal ein Bach war, dass das dann ein bisschen ausgegraben ist. Oder dass da vielleicht mal Sand hingeschwemmt wurde oder wieder weg und das kann variieren. Ein Meter ist dann ein Durchschnittswert. Wenn ich alles bis zu den Steinen zum Boden dazu zähle, geht der etwa zweihundert Meter (?) runter.

Vielfältigkeit der Böden (30-51)
Es gibt verschiedene Böden: Sandböden und Humusböden, einfach der Boden auf dem freien Feld, Lehm gibt es auch. Man könnte das so unterteilen, wie sie zusammengesetzt sind und die Sandböden haben mehr sandige Stückchen drin und nicht so viel Dunkles, also Pflanzenbestandteile. Und Lehmböden sind lehmig, klebrig, sie sind fester.

Bodenfunktionen (155-173) (174-181) (182-198) (199-203)
Wenn es den Boden (Erde) nicht geben würde, wäre wahrscheinlich gar nichts, bzw. auf dem Land würde dann eigentlich nur Sand sein, weil es da keine Nährstoffe gäbe, so gesehen Wüste. Im Sand sind nämlich nur kleine Steinchen und da sind dann keine Nährstoffe drin und dann können auch keine Pflanzen wachsen und im Grunde genommen würde dann eigentlich gar nichts gehen. Die Pflanzen würden keinen Kohlenstoff zu Sauerstoff umwandeln. Wir könnten keine Äpfel essen oder die ganzen Nahrungsmittel würden nicht mehr wachsen. Ich glaube, einen direkten Bezug zur Erde habe ich weniger, ich würde eher sagen, ich habe einen Bezug zu dem Gras oder zum Rasen, der auf der Erde wächst. Der Mensch hat eher eine Beziehung zu Pflanzen als zu der Erde, weil wir irgendwie davon abhängig sind! Und die Erde sieht keiner als etwas, das einem was bringt. Die Pflanzen kann man ernten oder essen oder sich drauf hinlegen und wenn man sich in die Erde legt, dann ist man direkt dreckig. Ich glaube schon, dass die Erde wichtig ist, weil man eben dadurch die Nahrung bekommt, dass darauf was wächst. Die in der Wüste wären sicher froh, wenn sie Erde hätten anstatt Sand. Es gibt Lebewesen, die wohnen in der Erde, Regenwürmer oder Maulwürfe. Und die sind von einander abhängig: der Maulwurf isst den Regenwurm und so gesehen sind die Tiere da schon mehr mit verbunden. Der Boden hat auch noch eine Bedeutung für das Wasser, weil das Wasser wird im Boden gefiltert. Das läuft dann weiter nach unten, bis es auf die Schichten trifft, wo das nicht durch kann, wie Ton, und läuft dann so gesehen zur Seite ab und sammelt sich dann an. Dann kann da ein Fluss oder eine Quelle entspringen.

Bodenveränderung / Bodenzerstörung
Veränderungen allgemein (214-240)
Boden in fünfzig (hundert, tausend) Jahren. Ich weiß nicht, ob es da noch genauso ist. Erde wird es bestimmt noch geben, aber ob die Tiere jetzt dieselben sind, weil es jetzt die Klimaerwärmung gibt und das alles, dass vielleicht manche Pflanzen aussterben. Vielleicht gibt es dann auch viel mehr (größere) Städte, dass dann vieles einfach überbaut ist. Dass man Boden gar nicht mehr sieht, wenn man in der Stadt ist. Es kann aber auch sein, dass dann gar keine Menschen mehr leben, dass alles so vor sich hin wächst und man Erde gar nicht mehr sieht, weil alles zugewachsen ist. Vielleicht wird es trockener, dass die Wüste sich ausbreiten würde, weil der Sand drüber gepustet wird, dass es dann ziemlich vergraben ist unter dem ganzen Sand.

Klima (241-254) (293-297)
Folgen
Es gibt Veränderungen der Pflanzenwelt oder den Pflanzen ist es hier zu heiß und dass es vielleicht gar keine Pflanzen mehr gibt, weil die alle schon vertrocknet (verbrannt) sind und dass es eigentlich so die Erde nicht mehr gibt, weil die ausgetrocknet ist. Auswirkungen dieser Veränderungen im Boden sind vielleicht Dürren, dass wir zu wenig Nahrung bekommen, dass es zu heiß ist im Sommer, dass man kaum noch aus dem Haus kann, Sonnenbrände. Vielleicht, dass der Sand sich daraus löst und dass wirklich alles Wüste wird. Für die Landwirtschaft hat das Auswirkungen, dass viele Sachen nicht mehr angebaut werden können. Oder vielleicht gibt es dann auch neue Möglichkeiten irgendwas anzubauen.

Bebauen
Ursachen (214-240)
Vielleicht gibt es dann auch viel mehr (größere) Städte, dass dann vieles einfach überbaut ist. Dass man Boden gar nicht mehr sieht, wenn man in der Stadt ist.
Folgen(255-292)
Wenn der Boden bebaut wird, bleibt die Erde da drunter erhalten, aber ob die dann weiter verrottet oder ähnliches? Wahrscheinlich wird dann darunter alles so abgeschlossen sein (nach oben hin verschlossen), da wäre wahrscheinlich kein Leben mehr drin. Da kommt keine Luft mehr richtig dran. Wenn Asphalt drüber ist, dann würden die Tierarten ein bisschen zurückgedrängt, die da sonst leben würden. Da käme wahrscheinlich auch weniger Wasser an. Das Wasser geht in die Abflüsse rein, wenn jetzt welche in der Stadt sind. Das ist so direkt nicht schlimm. Aber ich glaube, wenn irgendwelche Schadstoffe dadurch in den Boden kommen, ist das irgendwie verseucht. Da fahren Autos drüber und irgendwelche Partikel vom Motor (das Gummi von den Reifen) landen auf der Straße, dass das da hängen bleibt. Auswirkungen auf das Leben im Boden hat das nicht, weil da wahrscheinlich keins mehr ist. Aber wenn der Asphalt wieder weg käme, dass da vielleicht nichts mehr hin könnte, weil das ein bisschen verseucht ist da drunter.

Bedeutung Wasser (334-345)
Im Wasser lösen sich die ganzen Mineralien und Nährstoffe.

Bodenerosion
Begriff Bodenerosion (519-525)
Das kann durch Wind oder Wasser passieren, dass vielleicht Boden weggeschwemmt oder weggeblasen wird vom Wind. Dass da was verloren geht. Abtragung durch Wasser und Wind.

Wassererosion
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser (346-367)
Ursachen
Da hat sich das Wasser gesammelt, ist abgelaufen und hat das alles weggespült (ausgespült), den ganzen Sand bzw. Humus.
Folgen
Das Wasser ist abgelaufen und hat das alles weggespült (ausgespült), den ganzen Sand bzw. Humus. Wahrscheinlich sind auch die ganzen Pflanzen weggeschwemmt worden, wo das tiefer rein gegangen ist. Und wenn da solange Wasser war, kann das sein, dass die Pflanzen abgestorben sind, weil das eigentlich Landpflanzen sind und nicht Wasserpflanzen, die unter Wasser stehen. Vielleicht sind auch wichtige Nährstoffe aus dem Boden weggeschwemmt worden, der hier vorher war. Wenn das weiter so weg geht, dann ist da wahrscheinlich irgendwann nichts mehr, der Sand nur noch. Dann ist das unfruchtbar. Da kann nichts mehr wachsen.
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode (434-459)
Es sieht nass aus auf dem Bild, dass es vielleicht darunter ausgeschwemmt ist, oder mit dem Wind weggeweht, aber es ist, glaube ich, vom Wasser. Hier unten sieht es trocken aus, da war es wahrscheinlich vorher nass und ist trocken geworden und jetzt sind da schon Risse drin. Das sieht auch so aus, als wenn da vorher richtig Wasser gestanden hat. Weil das so glatt ist, nicht so wie auf dem zweiten Bild, wo das ein bisschen aufgelockert aussieht.

Winderosion

Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind

Ursachen (313-333)

Das sieht trocken aus. Damit Sand weggeweht wird, muss es ziemlich windig sein und dass da kein Wald neben ist, wo der Wind wahrscheinlich von Bäumen oder Hecken aufgehalten wird, die man auf dem Bild sieht. Dass es viel auf freien Flächen passiert. Es könnte bei den Pflanzen sein, dass die Samen wegfliegen, wie beim Löwenzahn, dass die durch den Wind noch weiter fliegen.

Folgen (298-312)

Durch den Wind kann irgendwas weggepustet werden. Ich weiß nicht mehr, was es war, entweder Sand, vielleicht der Humus bzw. die Nährstoffe, die kleinen Partikel bleiben dann irgendwo hängen (der Sand sammelt sich) und es könnte auch sein, dass da Sanddünen (Riesendünen) entstehen. Für die Pflanzen hat das Auswirkungen. Wenn ihnen der Sand (Humus) unter den Wurzeln weggeblasen wird, bekommen die keine Nährstoffe mehr. Oder dass das vielleicht so weit wegkommt, dass nur noch die Sandschicht da ist.

Bodenverdichtung

Begriff Bodenverdichtung (526-545)

Das ist nicht so lose krümelig, sondern eher fest und zusammen, wie diese feste Probe hier. Vielleicht kommt das Wasser da schlechter durch oder manche Pflanzen bekommen da ihre Wurzeln nicht richtig rein.

Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung; Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt

Ursachen (460-477) (478-508)

Da steht das Wasser drauf und das kann Lehm oder so was sein, der das Wasser nicht so gut durch lässt und dass das deshalb so nass ist. Ich glaube, das ist nur hier im vorderen und linken Teil, weiter hinten rechts ist das ja nicht mehr so. Da geht es aber auch so schräg hoch, als wenn da ein Hügel wäre. Das kann auch sein, dass das oben, wenn das wirklich Lehm ist, dass das vom Berg die Schräge runter läuft und hier irgendwo ein bisschen gerader stehen bleibt. Also, die lockere Probe würde ich eher rechts oben und die feste, wenn überhaupt, dann hier vorne zuordnen, weil die lockere wahrscheinlich das Wasser eher durchlassen würde, als dass es oben drauf stehen bleiben würde. Das liegt möglicherweise daran, dass das verschiedener Boden ist. Vielleicht kann das durch Wasser passieren, dass das den Rest noch in die kleinen Löcher reinspült, die vielleicht noch frei sind, oder durch Fahrzeuge, die darüber fahren.

Folgen (478-508) (526-545)

Die Pflanzen hier unten können weniger gut wachsen, wenn die zu viel Wasser haben. Vielleicht kommt das Wasser da schlechter durch oder manche Pflanzen bekommen da ihre Wurzeln nicht richtig rein. Es gibt ja Pflanzen, die wollen lieber im Garten so lockere Erde haben und andere so ganz feste.

Bedeutung der Luft (368-381)

Mit der Luft kommt Sauerstoff in den Boden, der wahrscheinlich für kleine Bakterien gebraucht wird, die Pflanzen zersetzen, damit Humus entsteht. Wenn da keine Luft drin wäre, wäre es wahrscheinlich hart wie Stein. Weil die Zwischenräume irgendwie gefüllt werden müssen.

Bodenversauerung

Begriff Bodenversauerung (509-518)

Das war gerade eben mit dem Wald, dass der Boden sauer geworden ist durch sauren Regen, Schwefel und so was alles.

Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): *Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I*) (382-433)

Ursachen

Die Böden werden durch den sauren Regen sauer. Und der hat irgendwas mit Abgasen zu tun. Ich glaube, mit Schwefel, durch Fabriken. 1980 war der Regen noch nicht so sauer oder ist noch nicht so

eingedrungen. Da sind vielleicht nicht so viele Leute mit dem Auto gefahren. Zum Jahr 2000 hin wurde das immer heftiger mit dem sauren Regen. Der Boden ist immer saurer geworden.

Folgen

Das kann vielleicht sein, dass irgendwelche Pflanzen oder Mikroorganismen (Bakterien) nicht mehr leben können, weil es zu sauer für die ist. Vielleicht werden irgendwelche Stoffe verändert, weil die mit dem Sauren reagieren. Dass das mit den Nährstoffen nicht mehr ganz klappt, weil der Boden so sauer ist.

Maßnahme

Ich weiß, wie man das vielleicht ändern könnte. Die haben da irgendwas mit Kalzium oder Kalium gemacht. Der wird dahin gestreut und ich glaube, dass da ein pH-Wert ins Blaue hinein geht. Das gleicht sich dann aus mit dem Sauren, das wird wieder neutral.

Tom - Explikation

Charakteristika der Vorstellungen

Boden

Eine eindeutige Definition von Boden fällt Tom schwer. Er umschreibt Boden als den obersten Meter, zu dem die Erde gehört, der aber auch nur aus Sand bestehen kann. Dieser oberste Meter könnte unterschiedlich zusammengesetzt sein. So kämen die verschiedenen Böden wie Sandboden, Lehmboden, Humusböden zustande. Den Begriff Erde grenzt Tom klarer ab. Sie bestehe aus Sand mit Nährstoffen und zerkleinerten Pflanzenbestandteilen, die verrottet sind und den dunklen Ton in die Erde bringen. Humuserde wäre sehr fruchtbare und feine, zerkleinerte Erde. Unter der Erde käme Sand, darunter verschiedene Schichten, wie Ton oder verschiedene Gesteinsarten (Abbildung 13). Von der Oberfläche bis zu den Steinen wäre der Boden ca. 200m mächtig.

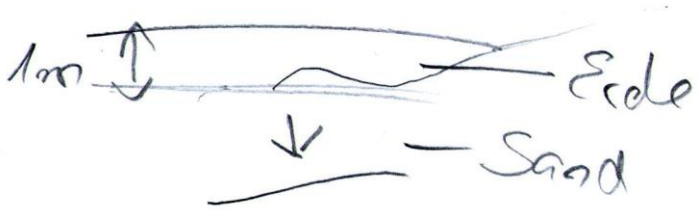

Abbildung 13: Skizze zum Bodenaufbau - Tom

Die Überlagerung von Sand durch Humuserde erklärt sich Tom damit, dass irgendwann Pflanzen auf dem Sand gewachsen und später verrottet sind. Der Prozess hätte sich wiederholt und so wäre die Humusschicht durch die Pflanzenbestandteile höher gewachsen. Die eingezeichnete Grenze zwischen Sand und Humus wäre dabei variabel und könnte, z.B. durch einen Bach, der Sand weg- oder hingeschwemmt hat, verändert werden.

Als Bestandteile des Bodens nennt Tom die Erde, wie sie bereits definiert wurde, Wurzeln, verschiedene Tiere wie Würmer, Insekten und Käfer und verrottete Pflanzenteile. Außerdem wären im Boden mit Luft und Wasser gefüllte Zwischenräume. Im Wasser wären Mineralien und Nährstoffe gelöst. Die Zusammensetzung und die Eigenschaften verschiedener Böden sind für Tom variabel. So wären in Sandböden mehr sandige Stückchen und weniger *„dunkles“* (45), also Pflanzenbestandteile enthalten. Lehmböden wären dagegen lehmiger, klebriger und fester.

Tom stellt sich vor, dass Erde durch die Verrottung von Pflanzen entsteht. Bakterien würden unter Einfluss von Sauerstoff die Pflanzen zersetzen und es würde Humus entstehen. Dieser würde den Sand überlagern. Die Herkunft des Sandes führt Tom vage auf die Aktivität des Meeres zurück. Das Meer hätte die Felsen zerstückelt und nachdem das Meer weg war, hätte sich Sand abgelagert. Er hält es auch für möglich, dass der Wind den Sand dahin gepustet hat und die ersten Pflanzen darauf gewachsen sind. Die Entstehungszeit von einem Meter Erde schätzt Tom auf 3000-5000 Jahren.

Wenn es die Erde nicht gäbe, wäre für Tom nur noch Sand da. Tom sagt, dass Sand keine Nährstoffe enthält. Daher könnten keine Pflanzen wachsen und es würde kein Kohlenstoff zu Sauerstoff umgewandelt. Für die Menschen gäbe es keine Nahrungsmittel mehr. Tom sieht keinen direkten Bezug

zwischen Mensch und Erde, da die Menschen eher von den Pflanzen abhängig sind. Trotzdem glaubt er, dass die Erde als Produktionsstandort wichtig ist. Die Bedeutung des Bodens für die Tiere schätzt Tom höher ein, da der Boden z.B. für Maulwürfe und Regenwürmer einen Lebensraum bietet. Weiterhin benennt er die Filterwirkung des Bodens für Wasser.

Veränderungen

Tom glaubt, dass es den Boden in der Zukunft noch geben, dieser durch verschiedene Einflüsse aber nicht mehr sichtbar sein wird. Als Ursachen nennt er die Ausdehnung der Städte, das Zuwachsen des Bodens durch Pflanzen, wenn es irgendwann keine Menschen mehr gäbe oder die Überlagerung des Bodens durch Sand, wenn sich die Wüste ausbreitet. Letzteres könnte durch Klimaveränderungen zustande kommen, wenn es zu heiß würde, die Pflanzen vertrocknen und der Boden austrocknet. Sand könnte sich aus dem Boden lösen und alles zur Wüste machen. Dürren und Nahrungsmangel wären die Folgen. Vielleicht gäbe es auch neue Möglichkeiten etwas anzubauen (Abbildung 12).

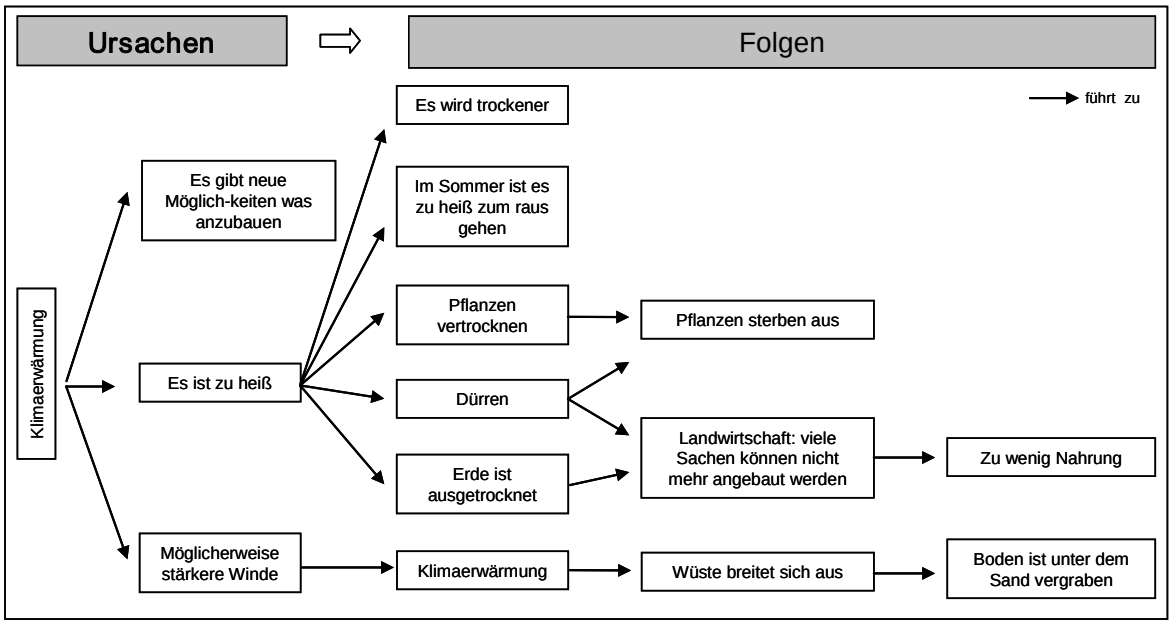

Abbildung 14: SLT – Tom: Klimaerwärmung

Bei einer Bebauung bliebe die Erde darunter erhalten. Durch den Abschluss nach oben bezweifelt Tom, dass die im Boden ablaufenden Prozesse, wie die Verrottung, weiter ablaufen würden. Es kämen weniger Wasser und Luft an die Erde und es gäbe weniger Tiere. Er geht auch davon aus, dass durch Autoabgase und Reifenabrieb der Boden verseucht werden könnte. Wenn der Asphalt entfernt würde, bliebe der Boden verseucht und es könnte kein Leben mehr entstehen. Aus Toms Aussagen wird nicht deutlich, ob die Schadstoffe durch den Asphalt oder erst nach Entfernen des Asphalts in den Boden gelangen oder vorher abgespült werden (Abbildung 15).

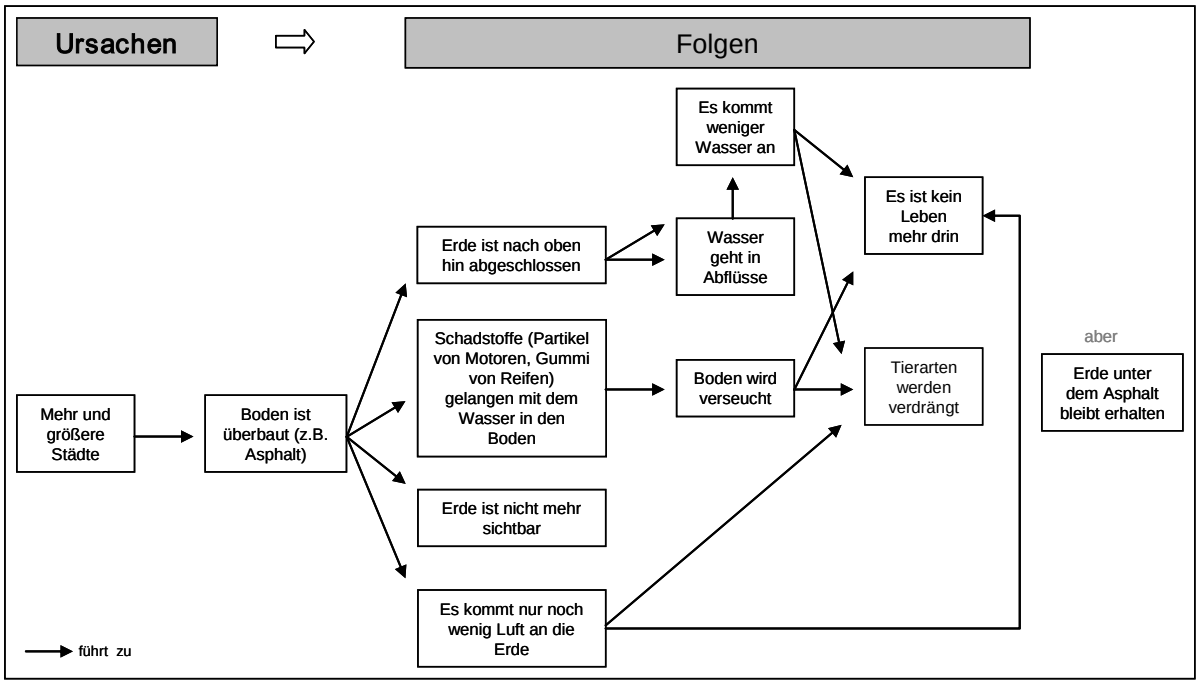

Abbildung 15: SLT – Tom: Bebauung

Beide Fotos zur Bodenerosion erklärt Tom mit dem Einfluss des Wassers. Das Wasser hätte den Sand, Humus und vielleicht auch wichtige Nährstoffe weggespült. In der Rinne selbst wären auch die Pflanzen weggeschwemmt worden. Bei anhaltender Abspülung bliebe nur noch Sand übrig, der Boden wäre unfruchtbar und es könnte nichts mehr wachsen (Abbildung 16; Abbildung 17).

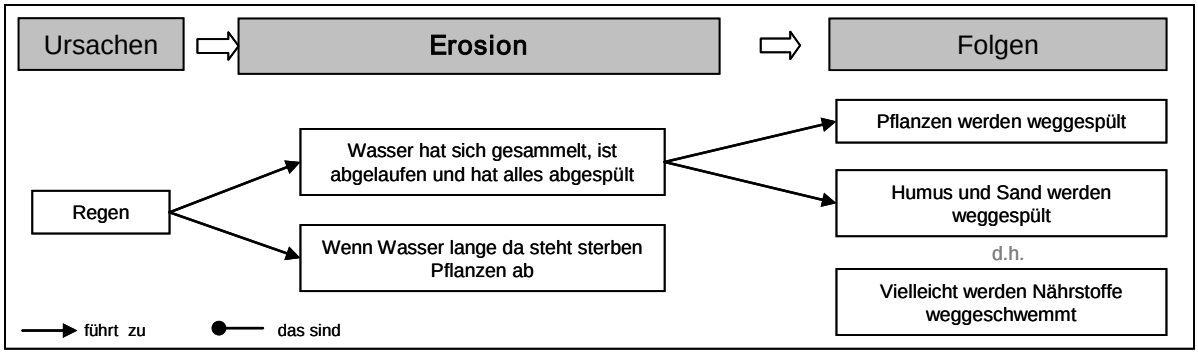

Abbildung 16: SLT – Tom: Wassererosion

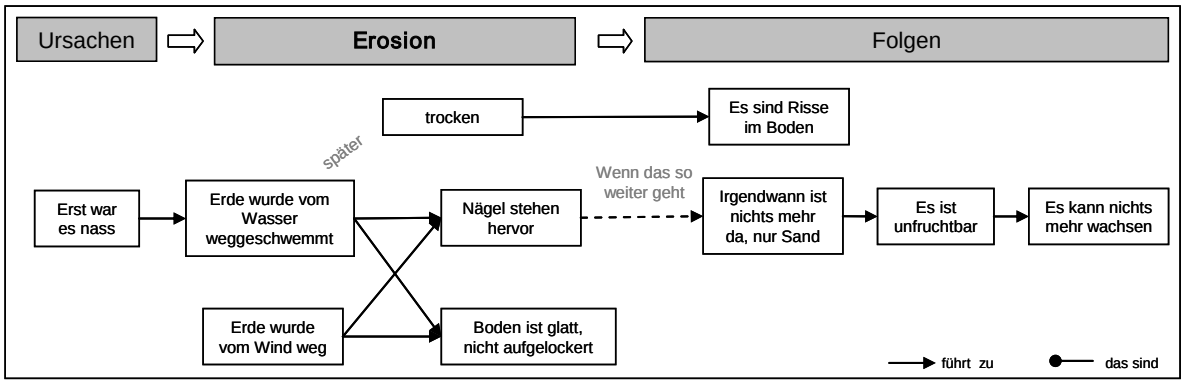

Abbildung 17: SLT – Tom: Nagelmethode

Als Bedingungen oder verstärkende Faktoren für die Winderosion nennt Tom Trockenheit, einen stärkeren Wind und freie Flächen, die nicht durch Wald oder Hecken begrenzt sind, so dass der Wind nicht aufgehalten wird. Welche Bestandteile durch den Wind abgetragen werden: Sand, Humus oder Nährstoffe ist ihm nicht ganz klar. Die weggewehten Partikel bleiben seiner Meinung nach irgendwo hängen und sammeln sich. Dünen könnten entstehen. Tom sieht ein Problem, wenn den Pflanzen der Sand (Humus) unter den Wurzeln weggeweht wird, da diese dann keine Nährstoffe mehr bekommen oder sogar nur noch eine Sandschicht vorhanden ist (Abbildung 18).

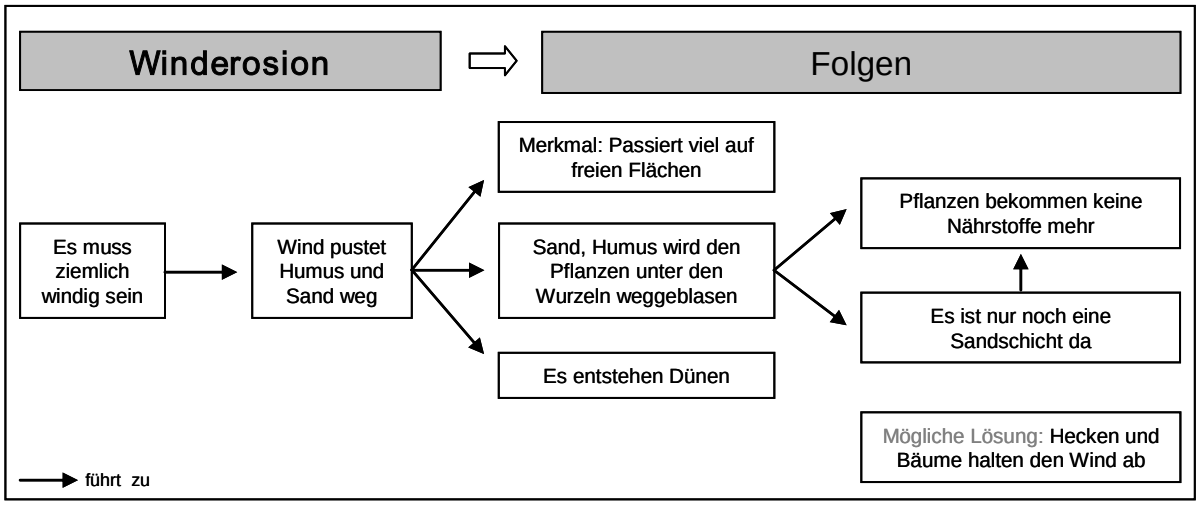

Abbildung 18: SLT – Tom: Winderosion

Für das Phänomen, dass an bestimmten Stellen auf dem Boden Wasser steht, hat Tom verschiedene Erklärungsansätze. Einerseits vermutet er als Untergrund Lehm, weil dieser das Wasser nicht so gut durchlässt. Zusätzlich könnte er sich vorstellen, dass das Wasser den Berg runter läuft und unten auf der Ebene stehen bleibt. Im Vergleich der zusammengedrückten mit der lockeren Erde würde die letztere das Wasser besser durchlassen. Den Umstand, dass die eine Probe fester ist, erklärt Tom sich einerseits durch die Einspülung von Resten von Bodenmaterial durch das Wasser in noch freie kleine Löcher oder durch Fahrzeuge, die über den Boden fahren. Als Folge könnte Wasser schlechter durch den Boden fließen und manche Pflanzen bekämen ihre Wurzeln nicht in den Boden. Er spricht davon, dass einige Pflanzen eher lockeren, andere eher festen Boden *„wollen“* (533). Weiterhin könnten Pflanzen nicht so gut wachsen, wenn sie zu viel Wasser hätten (Abbildung 19).

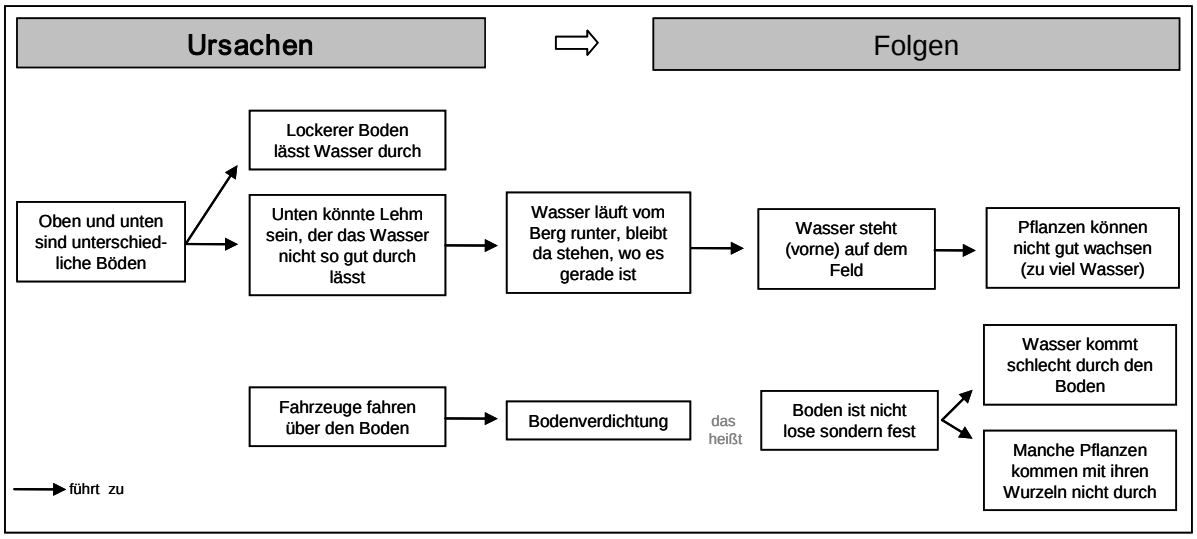

Abbildung 19: SLT – Tom: Bodenverdichtung

Abgase, v.a. Schwefel, von Fabriken und Autos sind für Tom ursächlich für den sauren Regen und damit auch für die Versauerung von Böden. Die dargestellte zunehmende Versauerung von Böden erklärt er mit einer Zunahme des Verkehrs. Er geht davon aus, dass Pflanzen und Mikroorganismen nicht mehr leben können, weil es zu sauer ist. Er kann sich vorstellen, dass sich Stoffe unter Reaktion mit dem Sauren verändern und *„das mit den Nährstoffen nicht mehr ganz klappt“* (420). Als Maßnahme schlägt er die Neutralisierung des Bodens mit Kalzium oder Kalium vor (Abbildung 20).

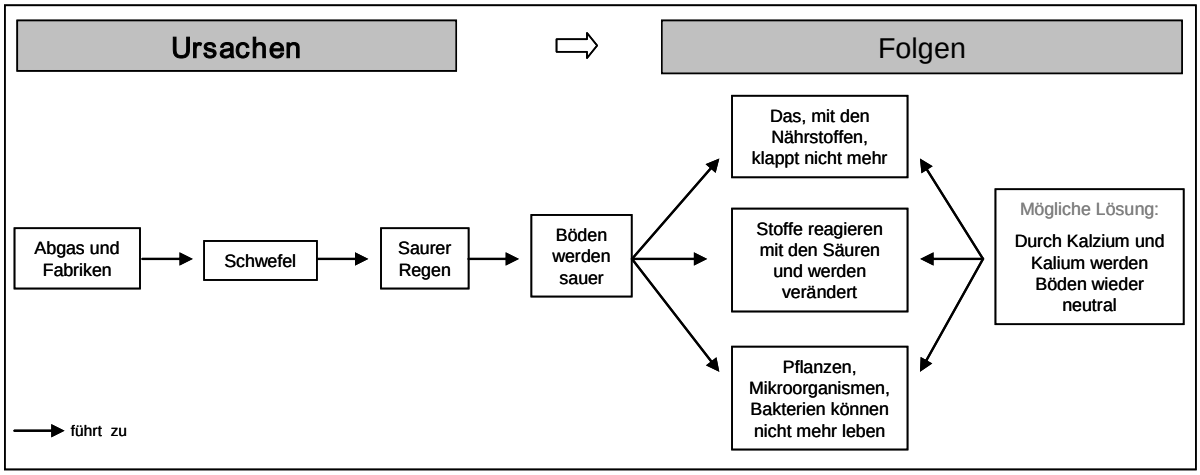

Abbildung 20: SLT – Tom: Bodenversauerung

Bedeutung von Begriffen

Boden definiert Tom als oberster Meter, zu dem die Erde dazugehört. Erde dagegen wird durch ihre Bestandteile Sand, Nährstoffe und zerkleinerte, verrottete Pflanzenbestandteile vom Boden abgegrenzt. Den Begriff *Bodenerosion* belegt Tom mit einer ähnlichen Bedeutung wie die Fachwissenschaftler. Er versteht darunter die Abtragung von Boden durch Wind und Wasser.

Den Begriff *Bodenverdichtung* beschreibt er so, dass Boden nicht lose und krümelig ist, sondern eher fest und zusammen, wie die vorgelegte feste Bodenprobe.

Den Begriff *Bodenversauerung* bringt er mit dem im Interview dargestellten Phänomen in Verbindung.

Sprachliche Aspekte

Tom benutzt mit seiner Typisierung von Böden (Sandböden, Lehmböden, Humusböden) (33) eine Klassifikation, wie sie Ende des 19. Jahrhunderts benutzt wurden (Nowatzki 1899; Matthes 1947).

Er relativiert seine Aussagen häufig durch die Zusätze „ein bisschen“ und „vielleicht“. Insgesamt ist er mit seinen Antworten kurz angebunden und seine Aussagen sind sehr nüchtern und sachlich.

Herkunft der Vorstellungen

Erde begegnet Tom zu Hause im Garten, auf dem Feld, im Blumenbeet oder wenn auf einem Friedhof ein Grab ausgehoben wird, Sand dagegen am Strand. Das Thema Erosion wurde in der Schule durchgenommen, Bodenarten dagegen gar nicht. Tom führt seine Vorstellungen auf Erfahrung beim Spielen draußen zurück oder auf Informationen aus dem Fernsehen oder von Büchern.

Widersprüche, Brüche, Probleme, Interessen

Es gibt keine Inhalte zum Thema Boden, die Tom näher interessieren würden.
Die Begriffe Erde und Sand sind nicht klar voneinander abgrenzbar. Sand ist ein Bestandteil von Erde, Erde kann aber auch nur aus Sand bestehen. Andererseits spricht Tom davon, dass nur noch Sand da wäre, wenn es die Erde nicht mehr geben würde. Toms Aussagen lassen vermuten, dass er unter Erde den mit Nährstoffen angereicherten und mit weiteren Bestandteilen durchmischten Sand meint. Diese Begriffskonfusion setzt sich bei den Folgen der Erosion fort. Er ist sich nicht ganz sicher, welche Bestandteile durch Wasser und Wind abgetragen werden. Einmal sagt Tom, dass Sand und Humus weggespült werden und ein anderes Mal, dass die Nährstoffe weggeschwemmt werden und nur noch Sand übrig bleibt.
Ein weiteres Problem besteht in der Vorstellung, dass der Boden durch die Überbauung mit Häusern und Asphalt abgeschlossen ist. Folglich kommen Luft und Wasser nicht mehr an die Erde und es gibt kein Leben mehr im Boden. Andererseits sagt er, dass Schadstoffe, Abgase und Gummiabrieb von den Autos in den Boden kommen und ihn verseuchen. Es ist nicht ersichtlich, ob Tom meint, dass diese Schadstoffe durch den Asphalt in den Boden gelangen oder seitlich abfließen und dort in den Boden gelangen. Zu vermuten ist die erste Erklärung, da er davon spricht, dass der Boden verseucht ist, wenn der Asphalt wegkommt.

Tom - Einzelstrukturierung

Konzepte zum Boden

Begriffe

Erde

- *Erde ist Sand:* Erde ist Sand mit Nährstoffen und zerkleinerten, verrotteten Pflanzenbestandteilen.
- *Farbe der Erde:* Die verrotteten Pflanzenbestandteile bringen den dunklen Ton in die Erde.
- *Humuserde:* Humuserde ist sehr fruchtbare, feine Erde.

Boden:

- Boden als oberster Meter
- *Boden besteht aus Erde:* Boden kann aus Erde oder Sand bestehen.

Boden Aufbau

Schichten: Unter der Oberfläche kommt erst Erde, dann Sand und darunter verschiedene Schichten, vielleicht Ton oder harte Gesteinsarten.

Keine klaren Schichtgrenzen: Die Schichtgrenzen verlaufen nicht horizontal sondern können z.B. durch den Einfluss von Wasser variieren.

Mächtigkeit

Mächtigkeit: Von der Oberfläche bis zu den Steinen sind es ca. 200m. Die Humuserde ist ca. ein bis eineinhalb Meter mächtig.

Bodenbestandteile

Anorganische Bestandteile: Erde ist Sand mit Nährstoffen.

Organische Bestandteile: Erde ist Sand mit zerkleinerten, verrotteten Pflanzenbestandteilen.

Lebende Organismen: In der Erde sind Wurzeln, Würmer, kleine Tiere, Insekten.

Luft: Zwischenräume sind mit Luft gefüllt. Mit der Luft kommt Sauerstoff in den Boden.

Wasser: Im Wasser lösen sich Mineralien und Nährstoffe.

Vorkommen

Boden ist unterschiedlich: Es gibt verschiedene Böden: Sandböden, Lehmböden, Humusböden, Böden auf dem freien Feld.

Unterschiedliche Zusammensetzung verschiedener Böden: Sandböden haben mehr sandige Stückchen drin und weniger Pflanzenbestandteile. Lehmböden sind lehmig, klebrig und fest.

Bodenentstehung

Ablagerung durch das Meer: Das Meer zerstückelt die Felsen, zieht sich zurück und lagert den Sand ab.

Ablagerung durch Wind: Der Wind hat den Sand dahin gepustet.

Verrottung: Bakterien zersetzen unter Einfluss von Sauerstoff Pflanzen und es entsteht Humus.

Überlagerung: Die ersten Pflanzen wachsen auf dem Sand. Humus überlagert den Sand.

Zeit: Ein Meter Erde entsteht in 3000-5000 Jahren.

Bodenfunktionen

Produktionsfunktion: Ohne Erde würden keine Nahrungsmittel wachsen.

Sauerstoffproduktion: In der Erde sind Nährstoffe. Diese benötigen Pflanzen zum Wachsen. Pflanzen produzieren Sauerstoff.

Lebensraum: Lebewesen (Maulwurf, Würmer) wohnen in der Erde.

Filterfunktion: Wasser wird im Boden gefiltert.

Beziehung Boden-Mensch: Menschen haben weniger Bezug zur Erde als direkt zu Pflanzen. Diese dienen als Nahrungsmittel und als Sauerstoffproduzenten.

Veränderungen im Boden

Nicht mehr sichtbar: Boden wird durch verschiedene Einflüsse wie die Ausdehnung der Städte, das Zuwachsen des Bodens durch Pflanzen oder die Überlagerung des Bodens durch Sand nicht mehr sichtbar sein.

Klimaveränderungen

Trockenheit: Wenn es zu heiß wird, vertrocknen die Pflanzen und der Boden trocknet aus.

Alles wird Wüste: Sand löst sich aus dem Boden und alles wird zur Wüste.

Folge Dürren: Dürren und Nahrungsmangel, weil viele Sachen nicht mehr angebaut werden können.

? Folge neue Anbaumöglichkeiten: Vielleicht gibt es neue Möglichkeiten etwas anzubauen.

Bebauung

Erde bleibt erhalten: Wenn der Boden bebaut wird, bleibt die Erde darunter erhalten.

Erde unter Abschluss: Durch den Abschluss nach oben kommen keine Luft und Wasser an die Erde. Es ist fraglich, ob die Erde dann noch weiter verrottet. Das Leben wird zurückgedrängt, ist nicht mehr vorhanden.

Abfluss: Wasser fließt in Abflüsse rein.

Schadstoffeintrag: Abgase und Gummiabrieb von Reifen kommen in den Boden und verseuchen ihn.

Verseuchung nach Asphaltabtrag: Wenn der Asphalt wieder weg käme, könnte nichts mehr im Boden leben, weil alles verseucht ist.

Wassererosion

Ursache

Abspülung: Wasser sammelt sich, läuft ab und spült den ganzen Sand, Humus und die Nährstoffe weg.

Folgen

Abspülung: Sand, Humus und auch Pflanzen werden weggespült.

Zu viel Wasser: Pflanzen sterben durch zu viel Wasser ab, weil es Land- und keine Wasserpflanzen sind.

Unfruchtbarkeit: Irgendwann ist nur noch Sand da, der Boden ist unfruchtbar, es kann nichts mehr wachsen.

Winderosion

Bedingungen

Wind: Es muss windig sein.

Kein Schutz/ freie Fläche: Es darf kein Schutz z.B. durch Hecken oder Bäume vorhanden sein, der den Wind aufhält. Geschieht eher auf freien Flächen.

Prozess

Samen fliegen weg: Samen fliegen wie beim Löwenzahn weiter weg.

? Irgendwas wird weggeweht: Entweder Sand, Humus oder Nährstoffe werden weggeweht.

Folgen

Ablagerung: Irgendwo bleiben kleine Partikel (Sand) hängen und es können sich Dünen bilden.

!! Nährstoffe fehlen: Den Pflanzen wird der Sand/ Humus unter den Wurzeln weggeblasen und bekommen keine Nährstoffe mehr.

!! Sand bleibt zurück: Es ist nur noch die Sandschicht da.

Begriff Bodenerosion: Abtragung von Boden durch Wind und Wasser.

Bodenverdichtung

Wasser steht auf dem Boden: Wasser kann nicht so gut in den Boden und es ist deshalb so nass.

Ursachen

Lehm: Lehm lässt Wasser nicht so gut durch.

Abhang: Das Wasser läuft schräg den Berg runter und sammelt sich dort, wo es gerade ist.

Fester Boden: Lockerer Boden würde Wasser besser durchlassen.

Verschlämmen: Wasser könnte Reste in die kleinen Löcher spülen, die noch frei sind.

Befahren: Fahrzeuge, die über den Boden fahren, verfestigen ihn.

Folgen

Pflanzenwachstum: Pflanzen können weniger gut wachsen, wenn sie zu viel Wasser haben.

Kein Freiraum: Wasser kann schlechter durch den Boden und einige Pflanzen bekommen ihre Wurzeln nicht richtig in den Boden.

Begriff Bodenverdichtung: Boden ist nicht lose und krümelig, sondern fest und zusammengedrückt.

Bodenversauerung

Ursachen

Saurer Regen: Böden werden durch den sauren Regen sauer.

Abgase: Abgase von Fabriken, wie Schwefel, führen zu saurem Regen.

Verkehr: Früher sind nicht so viele Leute mit dem Auto gefahren. Bis zum Jahr 2000 wurde das immer heftiger mit dem sauren Regen. Der Boden ist immer saurer geworden.

Folgen

Lebensbedingungen: Pflanzen und Mikroorganismen können nicht mehr so gut leben, weil es zu sauer für die ist.

Reaktion: Stoffe reagieren mit saurem Regen und verändern sich so.

Nährstoffe: Das mit den Nährstoffen klappt nicht mehr ganz so, weil der Boden so sauer ist.

Maßnahme Kalzium und Kalium: Durch Verstreuen von Kalzium und Kalium wird das Saure neutralisiert.

Begriff Bodenversauerung: Böden werden durch sauren Regen und Schwefel sauer.

Interview 6: Jette (15 Jahre alt)

Jette - Redigierte Aussage

(1-25)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Wurzeln. Lockerer, zwei verschiedene Böden. Auf jeden Fall merkt man schon, dass die Struktur bei Probe zwei ein wenig lockerer ist. Durch die Äste oder Wurzeln. Das ist Boden, wo viele Pflanzen sind. Und bei Probe eins würde ich sagen, durch die Steine, irgendwo, wo es hügelig ist, da müssen andere Pflanzen und so was wachsen. Auf jeden Fall ziemlich andere Lebensräume, würde ich denken. Ich weiß jetzt nicht genau, was da drin wächst. Aber beides ist für mich Boden. Vom Geruch ist es auch so typisch erdig.

(26-74)
Erde und Boden sind ziemlich verschieden, wenn man genau darauf achtet. Erde, da denkt man vielleicht erst mal an den Globus. Und Erde ist für mich auch dieser dunkle Sand, der Geruch von Erde, das hier (Proben). Boden ist für mich Fußboden oder Boden zum Bauen (Ackern). Ich würde sagen, Boden ist ein ganz weiter Begriff, wenn man sagt ein Bauer hat so und so viel Boden an Grundfläche. Erde ist sozusagen ein Material und Boden ist ein Hauptbegriff, der Boden besteht ja aus Erde (Stein). Wie bei diesen „Trimm-dich-Pfaden“ oder diese Barfußpfade. Da sind ja diese Böden auch ganz verschieden, da muss man ein bisschen ertasten. Der Boden besteht da aus Steinchen und schöner feuchter Erde oder trockenem Strandsand. Erde ist ein Material, wo viel, viel Leben drin ist, was bestimmte Gerüche hat, sehr vielseitig sein kann, was zum Bauen benutzt werden kann. Hügel kann man aus Erde bauen, viele verbinden damit bestimmt auch Assoziationen wie dreckig. Wenn Kinder im Kindergarten spielen und in der Erde gewühlt haben, da würde ich nicht sagen, mein Kind hat im Boden gewühlt. Erde ist für mich eher ein Begriff von richtigem Material und Boden ist eine Fläche.

(75-87)
Wenn ich auf der Wiese ein Stück Erde mit dem Spaten ausstechen würde, würde ich vielleicht einen schönen Stein finden (die sehen irgendwie besonders aus), ich selber sammle gerne Steine oder Tiere, Regenwürmer. Obwohl ich die nicht besonders mag. Viele Insekten und auf jeden Fall kann man sagen, lebt die Erde, da ist viel, was man da drin finden kann.

(88-93)
Die Erde selbst besteht aus Sand, aus verschiedenen chemischen Stoffen, also Ablagerungen. Elemente, bestimmte Salze und was da alles drin gebunden ist.

(94-105)
Vielleicht auch Schätze von früher (besondere Gegenstände, alte Vasen, Münze), von den Leuten, die früher Ackerbau betrieben haben. Für mich ist so was auch Erde, dass da so was drin ist.

(106-170)
Wenn ich jetzt mitten auf dem Acker stehe und gerade gepflügt wurde, da würde ich sagen, für mich selber fühlt sich das auf jeden Fall weich und locker an, also Erde ist für mich auch immer locker. Kann auch fest sein. Dann stelle ich mir vor, dass da viele Steine sind und noch mal ein Regenwurm. Wurzeln, auch besondere Stoffe, wenn Pflanzen sich zersetzt haben (abgebaute Pflanzen). Eine alte Blume, die ist ja dann zersetzt. Münzen oder alte Vasen oder Teller, also ziemlich viel. So ein Artenreichtum, vielleicht ein Käfer. Es gibt ja verschiedene Schichten. Hier ist die erste Schicht, wo jetzt Erde am Mutterboden ist. Es gibt ja viele verschiedene Schichten, die im Laufe der Zeit entstanden sind. Erde, dann kommt irgendwann eine Kalkschicht oder so was. Oder hier ist dann eine Schicht, wo ganz viele Steine sind und die gibt es dann wohl schon ganz lange, über Millionen Jahre, aber das ist dann auch natürlich viel tiefer. Und ich weiß nicht, dann kommt irgendwann vielleicht anderes Gestein oder Wasserablagerungen dazwischen, so eine Art See. Oder diese Steine, Stalaktiten und Stalagmiten (Tropfstein), die von oben und von unten kommen, in so Höhlen. Ganz viele Schichten auf jeden Fall.

(171-185)
Die Erde, wie z. B. da in den Töpfen, ist für mich hier (zeigt auf oberste gemalte Schicht), diese typische Muttererde, damit verbinde ich auch immer diesen Geruch, dieses Schwarze. Wenn man das jetzt wieder so nimmt wie mit dem Globus, ist das ganze ja unsere Erde, dann könnte man auch die Schichten bis unten gehen, bis dann irgendwo die Erdmitte ist, wo es schon, weiß ich nicht wie heiß ist, das ist dann die ganze Erde.

(186-199)
Diese obere Schicht ist die Muttererde, ich kenne das von meiner Mutter, also zum Pflanzen. Wir haben unseren Garten mal neu gemacht, da haben wir einen Laster Muttererde bekommen. Muttererde, damit verbindet man auch, dass das so die Mutter ist für die Lebewesen (Regenwürmer, was da eben alles drin lebt). Die wachsen da drin. Ich weiß nicht genau, warum die Muttererde heißt.

(200-210)
Diese Teller, Münzen, Vasen, die kann man auch unten noch finden, das soll eigentlich verteilt sein, diese Bodenschätze sozusagen. Da sagt man schon wieder Bodenschätze, die Schätze sind noch von irgendwelchen Menschen von früher.

(211-255)
Bis wohin geht die Erde? Ich weiß nicht, das kommt auch immer darauf an, wie der Boden da geschaffen ist, also was für Verhältnisse der da hat, ob es gebirgig ist. Im Gebirge ist ja ganz oft, dass alles flach ist und wirklich so überall dieser Boden, so die ganzen Ackerflächen. Wenn man z. B. schon in den ganzen Mittelgebirgen ist, dann ist oftmals Stein der Boden. Da ist natürlich auch ein bisschen Erde dazwischen, aber dass man nicht nur die Erde hat. Wenn man jetzt irgendwie einen Berg hoch läuft, läuft man nur noch auf Steinen, z. B. im Teutoburger Wald ist das ja auch so, beim Hockenden Weib, dass die Steine schon so weit da raus ragen, dass man oft nur auf Steinen läuft. Und zwischendurch dann wieder dieser Waldboden kommt. Oder man hat einen Stein irgendwo in diesen Schichten, wo dann ganz viel Erde drüber ist. Ich weiß nicht, Erde an sich kann ich mir gar nicht vorstellen, wie tief die wirklich sein kann, ich will dann auch irgendwie nicht Blödsinn sagen. Es kann nur ein Meter sein und dann kommt vielleicht schon ein dicker Stein, aber vielleicht auch schon zehn Meter nur Erde, gibt es bestimmt, vielleicht auch noch mehr. Ich kann das schlecht einschätzen.

(256-295)
Die Schichten kommen durch Jahrmillionen zustande, jedes Zeitalter hat seine bestimmte Schicht, dadurch haben die Archäologen (man) ja auch erkannt, wenn die so einen Spatenstich machen im Torf oder so, Torf ist ja eine besondere Erde, dass die da richtig ablesen können, die Schicht ist in den Jahrhunderten entstanden. Und da hat man besonders viel Kupfer gefunden in den Schichten. Irgendwie ist das ja so, dass die ganze Erde immer dicker werden muss, wenn man sich das so vorstellt. Wenn eine Schicht angefangen hat und irgendwie müssen sich ja die Schichten aneinander aufgebaut haben. Nur weiß ich nicht wie. Das Material muss ja irgendwo herkommen. Weil Erde besteht ja aus Sand (Steine, Elemente) und allem möglichen. Aber das kann ja auch nicht sein, dann müssten ja die Ozeane auch noch mitwachsen. Irgendwie zersetzen sich ja auch bestimmte Stoffe in der Erde. Also es wird viel durch Chemie und die chemischen Prozesse zersetzt. Dass dadurch schon wieder ein Teil verschwindet und in die Atmosphäre gelangt. Dass sich das so ausgleicht, würde ich sagen, durch die Natur.

(296-321)
Hier sieht das so aus, als wären das so heftige Grenzen. Hier ist Kalkstein und dann kommt auf einmal eine ganz andere Sache. Ich glaube in echt ist das so, dass sich das Stück für Stück (über Jahre hinweggehen, nicht auf einmal) verändert, bis das dann irgendwann ein reinerer Stoff geworden ist. Also man kann schon Grenzen ermitteln.
Ich kann mir vorstellen, da ist jetzt meinetwegen Kalk drin und irgendwann kommt Boden mit anderen Verhältnissen, dass der neue Stoff sich so langsam darein setzt und dass der eine dann ein bisschen weggedrängt wird. Der neue Stoff kommt dazu und dass der andere Stück für Stück ein bisschen weniger wird. Und dass die sich auch vielleicht vermischen die beiden Stoffe und dass daraus vielleicht schon wieder was ganz anderes entsteht.

(322-352)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Eine typische Landschaft, das sieht so aus wie im Steinbruch, es ist ganz fester Stein und dann hier würde ich das wieder als Muttererde bezeichnen. Wie sich die Wurzeln des Baumes so fein da verästeln, so wie das in diesem einen Boden war, wo diese dünnen Wurzeln darin waren *(P2)*. Daran erkennt man halt, dass unser Boden auf der Erde ganz verschiedene Erden enthält. Oder unsere verschiedenen Böden, kann man natürlich auch sagen, also hier ist zum Beispiel Steinboden. Und dann kommt wieder dieser Mutterboden und hinten, ich weiß nicht, ob das ein Fels sein soll? Genau, dann muss das auch schon wieder sehr nährstoffreicher Boden sein, weil hier könnten nie Pflanzen wachsen auf Stein. Dafür ist Boden eben wichtig, dass sich die Pflanzen entwickeln (wachsen) können. Und hier, das ist so ein Übergang, hier ist fester Stein, dann wird der immer poröser, immer kleinere Steine, und geht dann irgendwann in den Mutterboden über, wo natürlich auch noch kleine Steine zu finden sind. So stelle ich mir auch diese Übergänge vor, zwischen den Schichten.

(353-378)
Wie diese Erde entsteht, ist wirklich eine schwierige Frage, da macht man sich nie wirklich so Gedanken drüber, die ist irgendwie für einen da, aber Erde verändert sich ja auch, die entsteht auch durch Zersetzung von kleinen Tieren, kann ich mir vorstellen. Ich weiß, dass Erdöl und so durch Mikroorganismen, die sich zersetzt haben, entsteht. Und so kann ich mir das bei Erde auch vorstellen, dass sich das auch durch zersetzte Pflanzenteile, die man auch eben finden kann, und kleine Steine entwickelt hat, Evolution irgendwie. Natürlich alles sehr weitgreifend. Auf jeden Fall entwickelt sich das immer alles Stück für Stück.

(379-391)
Bis sich Erde entwickelt, das ist glaube ich nämlich sehr lange, Millionen Jahre. Ich überlege immer, wie das war, wo früher die Steinzeitmenschen gelebt haben, die Erde da war bestimmt ähnlich, aber die muss vielleicht eine ganz andere Struktur gehabt haben. Die hat sich wirklich entwickelt, die Schichten und so, daran merkt man das ja. Es braucht ja auch vieles so lange auf der Erde.

(392-424)
Wenn es die Erde nicht geben würde, das wäre auf jeden Fall schlecht. Natürlich ist es sehr wichtig erstmal für die Bauern, die da ihre ganzen Getreidesorten und alles Mögliche anbauen. Tiere brauchen die Erde auch, weil dort zum Beispiel Gras wächst und weil Regenwürmer in der Erde leben und davon ernähren sich viele Vögel.
Also es ist ein Kreislauf, würde ich sagen, und auf jeden Fall gehört Erde dazu. Unsere Häuser werden ja sozusagen auch aus Erde (Kalksandstein, Sand) gebaut. Kalk wird von Bergen oder von Schichten abgebaut, das ist eine Schicht der Erde. Diese typische Erde ist eben diese Muttererde, die man kennt. Aber irgendwie gehören für mich zu Erde auch diese verschiedenen Schichten, wo auch Kalk zum Beispiel zu gehört. Das finde ich auf jeden Fall sehr wichtig, die Erde.

(425-447)
Wo ich ganz klein war, hat man gerne in der Erde gespielt, ich komme ja sozusagen vom Land und meine Mutter kommt auch von einem Bauerhof. Und da war ich früher oft bei meiner Oma, bei meinen Cousinen und da haben wir auch viel gespielt und das war natürlich auch sehr dreckig, dass meine ich auch mit der Assoziation dreckig. Ich glaube, jedes Kind spielt gerne im Dreck, baut sich seine Sandburgen, wenn man an der Nordsee ist. Sand ist auch ein Teil Erde, irgendwie anders als Muttererde natürlich, aber damit spielt man natürlich auch gerne. Heute ist Erde halt wichtig, dass ohne Erde nichts wachsen würde, da denkt man als Kind natürlich nicht dran, dass Bauern die Erde zum Getreideanbau benötigen oder Häuser.

(448-458)
Andere Lebewesen, Tiere und Pflanzen, brauchen die Erde auf jeden Fall, weil viele sich in der Erde wie Dachse verstecken, die ihre Höhlen zum Winterschlaf bauen. Die ist wirklich sehr wichtig, fällt mir gerade mal so auf. Da denkt man sonst nie so drüber nach, aber das ist wirklich so, Tiere (Regenwürmer, Insekten) die brauchen die ja wirklich.

(459-480)
Im Alltag, wenn ich jetzt meinen Schulweg überlege, da läuft man nur auf gepflasterten oder asphaltierten Straßen. Da begegnet einem die Erde zum Beispiel gar nicht. Im Garten ist Erde auf jeden Fall schon wieder da. Wenn man im Frühling im Garten hilft, wenn man keine Handschuhe an hat, dann merkt man auch wieder diesen Erdgeruch, den ich vorhin meinte oder hat den unter den Fingernägeln. Oder als ich früher Babysitten gemacht habe, wenn ich da mit den Kindern auf dem Spielplatz war, da habe ich mich auch immer mit denen in den Sand gesetzt, da merkt man schon wieder mehr Erde. In der Schule direkt eigentlich nicht. Im Sommer vielleicht mal, wenn wir uns hinten auf den Rasen setzen. Stimmt, sonst hat man eigentlich alles zubetoniert und dann merkt man das gar nicht mehr so direkt.

(481-506)
Erde in fünfzig oder hundert oder tausend Jahren, da wäre vielleicht das Problem, dass Leute immer mehr alles zubetonieren, dass irgendwann wirklich zu wenig Erde da ist. Da hab ich schon irgendwie Angst. Es gibt immer mehr Sachen, die gebaut werden, auch die Dörfer werden größer, immer mehr Neubaugebiete. Natürlich ist dann die Erde noch unter den Häusern vorhanden, aber das ist ja dann für uns nicht mehr so offen, dann ist die zubetoniert, also so eine Schicht, die das abschließt. Auch, dass die Erde sich wieder verändert, wie sie das schon immer gemacht hat. Vielleicht auch Umweltbelastung. Zum Beispiel im negativen Sinne, dass sich da irgendwelche Stoffe rein setzen, die wirklich nicht gut für uns sind und auch für die Pflanzen nicht und wenn wir uns wieder von den Pflanzen ernähren, dann wäre das wieder so ein <u>schlechter</u> Kreislauf.

(507-521)
Welche Ursachen hat das denn, dass der Boden zubetoniert ist? Viele Bauern haben es wirklich schwer, dass sich das in der Landwirtschaft stark verändert hat. Früher ist alles noch mehr von Hand gemacht worden und man muss heutzutage mehr um sein Überleben// Weil diese Masse mehr geworden ist und dass Städte sich vergrößern, weil viele Leute immer mehr wollen, (größere Einkaufszentren, größere Häuser, bessere Wohnmöglichkeiten). Und so wächst das Ganze natürlich, immer dieses Moderne.
(522-540)
Es wird viel Erde zerstört, nicht zerstört aber die ist nicht mehr für uns offensichtlich. Das Gebiet, wo man auch anbauen kann, dass schrumpft natürlich auch. Wenn man sich überlegen würde, die ganze Erde, also der Globus, wäre mit einer Betonschicht bedeckt, das würde gar nicht mehr gehen. Da würde man gar nicht mehr richtig leben können, da fehlt einem das Wasser, die Ozeane. Ich könnte mir auch vorstellen, dass dann die Luft ganz anders wäre, mit der Zirkulation irgendwie, das würde sich verändern. Dass die Erde auch wichtig ist, dass die Luft sich austauschen kann oder alles so ein Kreislauf ist.

(541-587)
Die Städte wachsen ja auch. Ich kann mir aber auch vorstellen, dass der Trend dahin geht, ich kenne kaum eine Großstadt, die keinen Park hat. Und wie wichtig <u>das</u> zum Beispiel auch für die Menschen ist, dass sie da mal ein bisschen abschalten können. London, wie viele Parks da sind und das ist auch wirklich schön, als wir in London waren von der Schule aus, wenn man dann in der Großstadt war, ist man irgendwann so fertig, weil das so anstrengend ist. Und dann ist man froh, wenn man sich in so einen Park legen kann und eben auf richtiger Erde liegt. Da ist ja noch Rasen und Muttererde. Und das ist eben wichtig für alle Lebewesen. Ich finde, das gehört auch einfach dazu für uns (ist schöner), wenn man Erde, Grün und Pflanzen um sich hat. Ich fahr gerne mal Fahrrad, dann fahr ich gerne mal Richtung Rieselfelder (Kanal) und da gibt es auf jeden Fall auch viele Möglichkeiten. Selbst in den Großstädten gibt es das ja und das braucht man auch. Gott sei Dank ist es ja noch nicht so, dass alles zubetoniert ist, ich kann mir das auch nicht vorstellen, dass das schlimmer werden wird. Oder vielleicht ja, aber ich denke, es wehren sich ja auch irgendwann viele Leute dagegen, wenn man so was vielleicht auch mal ein bisschen offensichtlicher macht, wie wichtig Erde eigentlich für uns ist.

(588-625)
Umweltbelastungen entstehen, weil in der Chemie und in Lebensmittelbranchen immer mehr chemische Sachen eingesetzt werden, die Produkte besser (schneller, günstiger) machen sollen. Umweltbe-

lastungen entstehen auch durch Abwasser von Fabriken. Dadurch müssen natürlich oft giftige Sachen eingesetzt werden und die sind für uns generell nicht immer gut, natürlich gibt es auch gute Zusätze. Aber im Großen und Ganzen ist zu viel Chemie nicht gut. Das ist ja so ein Kreislauf, wenn man das, Abwässer, wenn die im Fluss sind, das löst sich oder das kommt auch in die Erde. So kommt Umweltverschmutzung zu Stande. Eine andere Möglichkeit, wie Verschmutzung in die Erde gelangt ist, ist wenn auf dem Feld gespritzt wird. Für bessere Entwicklung der Pflanzen spritzen Bauern ja auch. Ich kann mir vorstellen, dass es auch wirklich so Zeug gibt, dass wirklich nicht gut, richtig giftig ist, was vielleicht die Pflanzen schnell wachsen und gut aussehen lässt, wo der Bauer dann seinen Gewinn durch hat, aber in echt ist es wirklich schlecht und gelangt dann so in den Boden, ins Grundwasser.

(626-646)
Dann sind die Stoffe einmal im Kreislauf. Die Pflanzen ernähren sich von dem Boden, von den Stoffen, die im Grundwasser gelöst sind. Dann nehmen die das auf und wir essen zum Beispiel die Pflanzen, oder die Rinder, die wir wiederum essen, essen Mais. Deswegen würde ich sagen, dass das schon wieder im Kreislauf sitzt, wenn einmal so etwas drin ist. Und das ist natürlich nicht gut für uns. Es gibt natürlich giftige Stoffe, die sich auf unseren Körper nicht gut auswirken. Aber ich denk, da gibt es natürlich auch Vorschriften, also man hört ja auch immer wieder von Lebensmittelvergiftung und allem möglichen. Die Gesundheit ist auch in der Erde wichtig, dass die Erde gesund ist.

(647-663)
Kommt darauf an, wie sich die Menschen so verhalten, in welchen Zeiträumen diese Veränderungen geschehen. Ob es Leute gibt, die sich ändern und sagen: Stopp! das dürfen wir jetzt nicht, wir müssen besser mit unserer Welt (der Erde) umgehen. Es kann sein, dass es in hundert Jahren passiert, es kann sein, dass es in zehntausend Jahren noch nicht so ist. Wie die Menschen reagieren. Das ist ja das Problem, dass viele gar nicht so genau wissen wofür das (Kreislauf) überhaupt alles wichtig ist.
(664-674)
Wasser ist auf jeden Fall wichtiger Bestandteil. Wasser sammelt sich im Boden, Grundwasser. Und wenn man Wasser fördert, zum Beispiel für Mineralbrunnen, sind die Mineralien im Wasser, die löst das Wasser aus der Erde (dem Gestein) heraus.

(675-702)
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Das sind richtige Brüche, wenn ich mir den Boden so angucke, dann ist der ziemlich grün, da wurde wohl lange nichts mehr gemacht vom Bauern. Ich glaube, diese Risse sind entstanden, dass tiefer irgendetwas passiert ist. Oder vielleicht auch durch Frost, da gibt es ja auch immer Frostbrüche, aber die kann ich mir nicht so dick vorstellen. Ich kann mir auch vorstellen, dass da irgendetwas mit Wasser passiert ist, dass da irgendwie Wasser durchgelaufen ist. Sieht schon ein bisschen aus wie ein kleiner Bach. Vielleicht auch zu viel Wasser. Das ist ja auch nicht gut. Das ist zum Beispiel bei Hochwasser so, die Erde kann ja gar nicht so viel Wasser aufnehmen. Dann bleibt das Wasser halt stehen und steigt und steigt und dafür ist ja Hochwasser auch so gefährlich.

(703-733)
Wenn man so rechts guckt, das sieht hier so unbenutzt aus, vielleicht könnte man das auch regenerieren, also wieder herstellen, dass ich mir die Schäden nicht so ganz schlimm vorstellen kann. Aber wenn so ein Feld schon mal bricht, vielleicht ist da schon irgendwas nicht mehr so ganz okay mit dem Feld. Wenn das schon so Risse hervorruft, das könnte vielleicht nicht so ganz gut sein. Für das Wachstum von Pflanzen. Vielleicht ist es auch wie so eine Wunde, die aufgerissen ist. Die Erde hat ja auch eine bestimmte Schicht und wenn man die so aufreißt, können natürlich diese äußeren Einflüsse, die auch schlecht für die Erde sind, so direkt rein gelangen. Ich kann mir vorstellen, dass es so eine Art Schutzschicht, wie bei uns auf der Haut gibt. Vielleicht sieht man so leichte Risse öfter. Aber das kommt mir echt vor wie ein kleiner Bach da.

(734-788)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Ich finde das ziemlich beeindruckend, dass die Erde das so allein schafft, so einen Nagel wieder aus sich herauszubekommen. Nägel sind ja ziemlich fest und robust, die halten ja ziemlich viel, Bilder. Ich frag mich nur, wie die das geschafft hat. Das ist wahr-

scheinlich wirklich darauf zurück zu führen, dass die sich bewegt, dass die locker ist und vielleicht auch, dass die Schichten sich verändert haben. Hier sieht das so steinig aus, aber das ist normale Muttererde (typisch Acker). Vier Bilder sind auch wie vier Jahreszeiten. Könnte ich mir vorstellen, die verändern sich ja auch innerhalb der Jahreszeiten, weil es hier ja schon wieder ganz trocken aussieht. Wenn ich mir vorstelle, da wurde jetzt feucht der Nagel reingerammt und durch die Witterung verändert sich die Erde, wird vielleicht mal frostig und dann taut das Ganze wieder. Oder der Nagel wird vielleicht auch mal gedrückt und wieder losgelassen und durch diese Reibung kann ich mir vorstellen, dass der sich nach und nach oben geschoben hat, weil sich die Erde in sich selber die ganze Zeit verändert hat. Ich kenne das, wenn das so trocken ist, kaum Wasser, dann entstehen schnell diese dünnen Risse.

(789-804)
Ich würde sagen, dass das gut ist, dass die Erde sich selber so verändern kann, weil das nicht so ein Lebewesen wie ein Tier oder ein Mensch ist. Für uns ist das kein Gegenstand, aber es ist stumpfes Material, aber dass das Material sich selber so verändern kann, da denkt man vielleicht gar nicht so drüber nach, das ist eigentlich ziemlich positiv, dass es das selber schafft, durch äußere Einflüsse natürlich, Wetter.

(805-816)
Wind trägt oft die obersten Schichten weg, besonders wenn es trocken ist. In der Wüste zum Beispiel, das kennt man vielleicht aus Filmen, wenn der Wüstenwind da so rüber fegt oder wenn es bei uns im Sommer ziemlich trocken ist, dann kriegt man auch öfter Sand in die Augen. Ich kann mir vorstellen, dass der Wind die Erde verändert, auch hoch in den Bergen, da ist ja Gestein richtig. Wenn der Wind da immer wieder entlang weht, dass der auch richtige Steinbrocken in Bewegung setzten kann.
(817-826)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Das sieht für mich sofort so sommerlich aus, als würde der Wind die feinen Körner (Sandkörner, Erdkörner) über die Fläche (den Acker) blasen. Und diese typischen Streifen halt, die so nach hinten wegführen, kennt man durch Acker, durch die Trecker und Geräte, die das so machen, dass man auch anbauen kann.

(827-856)
Die Erde verändert sich durch den Wind, da wird immer was abgetragen, vielleicht kommt auch was dazu. Es ist schon wieder so eine Veränderung, dass man merkt, da lebt was, da ist was in Bewegung. Wenn man ein Haus vielleicht auf schlechten Boden gebaut hat, kann das auch passieren, dass Häuser einsacken, durch die Veränderung der Erde. Oder man sieht auch öfter, dass irgendwelche Schilder, dass irgendwas sich verändert hat, irgendein Gegenstand, dass das in sich einsackt, zum Beispiel Häuser. Da direkt würde ich jetzt nicht den Wind für zuständig machen. Mehr, was in der Erde drin für Schichtungen sind.

(857-877)
Es kommt darauf an, wie feucht und wie fest und welche Gegebenheit (Qualität) die Erde hat, z.B. wenn Erde trocken ist. Wenn sie feuchter ist, dann hängt sie mehr zusammen. So wie beim Plätzchen backen zum Beispiel, wenn der Teig noch nicht gebacken ist, ist der auch klebriger, mehr zusammen und wenn der trocken ist, kann man den so essen und er krümelt. Früher hat man ja auch mit Erde, im Kindergarten, Kuchen gebacken. Damit verbinde ich das so ein bisschen.

(878-901)
Luft besteht ja aus Sauerstoff, Stickstoff, Edelgasen und das sind auch wieder so Elemente, die wir überall finden in unserem Leben. In der Chemie und Biologie und ich kann mir auch vorstellen, dass das Auswirkungen hat, zum Beispiel ist der Sauerstoffgehalt oben im Gebirge ganz anders als bei uns hier im Flachland. Ich kann mir vorstellen, dass die Erde oder Pflanzen da ganz anders wachsen würden, dass die Erde sich auf jeden Fall dann verändert. Die braucht Luft, so wie wir Luft zum Atmen brauchen, dass die Erde ohne Sauerstoff nicht so richtig leben könnte.

(902-928)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): Ich glaube, so etwas entsteht durch den sauren Regen. Das ist mit dem pH-Wert, sauer ist natürlich unter 7, der pH-Wert. Und ich könnte mir vorstellen, wenn die Erde so sauer ist, ist das für viele Lebewesen auch nicht mehr so gut. Verdünnte Salzsäure ist natürlich sehr stark sauer, die hat einen pH-Wert von 1, obwohl sauer auch schon wieder nützlich sein kann, was ich vorhin meinte mit dieser Schutzschicht, weil wir haben ja diesen Säureschutzmantel auf unserer Haut. Und da ist sauer schon wieder wichtig, vielleicht hat der Boden ja auch eine Schutzschicht und ich denke auch, wenn die Erde sauer ist, dass das auch gut sein kann für die Erde, aber zu sauer, sauer wie Essig. Auf jeden Fall weiß ich nur, dass man irgendwie mit Kalk dagegen gearbeitet hat. Im Chemiebuch hatten wir das mal. Durch diesen sauren Regen ist das entstanden. Weil der Regen sickert dann natürlich in die Erde, ins Grundwasser und dann kommt dieser niedrige pH-Wert zu Stande.

(929-951)
Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I): 1980 hatten wir einen stark alkalischen Boden. Ach nein, das geht ja bis 7, dann ist das eigentlich noch Richtung neutral. 6,5, also das ist dann so wie der pH-Wert von menschlichem Urin und Milch, also Dinge, die wir täglich produzieren und trinken, eben leicht säuerlich, aber was ich damit auch meine, was noch gut für die Erde ist, eben dieses leicht säuerliche. Vielleicht auch als Schutz, wie ich vorhin schon gesagt habe und 2000 ist dann der pH-Wert 4 und 4 ist ja schon saure Milch und vorher 6,5 ist ja Milch, also von Milch zur sauren Milch weiß man ja auch, dass Milch dann nicht mehr gut ist, wenn sie sauer ist. Da kann man schon wieder den Unterschied erkennen. Cola, Mineralwasser ist auch 4. Mineralwasser, das ist natürlich gut für uns, das kommt ja auch aus dem Boden, wie ich vorhin gesagt habe mit den Mineralien, Cola weiß jeder eigentlich, dass das nicht so gut für die Zähne ist. Ich glaube, wir haben genau die gleiche Grafik bei uns im Chemiebuch.

(952-1011)
Es kann eigentlich nicht gut sein, wenn der Boden zu sauer ist, weil sich dadurch auch schon wieder was verändert. Also diese Veränderungen im Boden, ja was passiert da mit dem Boden? Auf jeden Fall darf das wirklich nicht so wie hier sein, sauer wie Essig, das ist schon heftig. Man hat auf jeden Fall schon oft von saurem Regen gehört. Zum Beispiel Zitronensaft ist genauso wie Essig vom pH-Wert. Und Zitronensaft ist ja eigentlich nicht schädlich für uns. Aber vielleicht ist es schon wieder schädlich, wenn man das nicht nur auf die Menschen bezieht, wenn man das überhaupt auf alle Tiere bezieht. Ich kann mir vorstellen, dass viele Tiere damit nicht zurecht kommen, wenn der pH-Wert so niedrig ist, ja so sauer. Aber zum Beispiel Batteriesäure, natürlich weiß man, dass Batterien nicht gut sind. Und verdünnte Salzsäure kann auch keiner mal eben trinken. Und zum Beispiel Magensaft, das hat ja unsere Natur selber eingerichtet, diese Enzyme sind leicht säuerlich, dass unsere Nahrung überhaupt zersetzt werden kann, das ist schon wieder positiv. Und wenn ich mir überlegte, dass unsere Erde leicht säuerlich ist und etwas versetzt, so wie vorhin gesagt, sie muss ja auch irgendwie Pflanzen und alles umsetzen können. Das ist ja wieder Chemie, pH-Wert ist sowieso Chemie. Ich meine damit merkt man auf jeden Fall, wie Chemie den Boden verändert. Das irritiert mich schon so ein bisschen. Ich kenne die Tabelle, aber trotzdem, wenn man so überlegt: Das eine ist gut, das andere ist schlecht. Ich weiß, dass es das gibt, aber ich kann nicht genau einordnen, was das genau für Auswirkungen auf unseren Boden hat.

(1012-1050)
Saurer Regen, das ist auch wieder die Frage, ich weiß, wir hatten das auf jeden Fall, wir haben das nie direkt besprochen, aber davon hört man. Wenn was in der Erde versetzt ist, kann das ja auch aus der Erde raus kommen, bestimmte Stoffe. Regen entsteht ja durch Verdunsten zum Beispiel. Dann gelangt es wieder in den Kreislauf, sammelt sich in der Atmosphäre an, dann entstehen wieder Wolken und dann regnet es. Ich mein das ist sogar etwas mit Salpetersäure. Dann ist ja dieser Kreislauf geschaffen und dann regnet es eben sauren Regen. Kann das nicht sogar aus der Landwirtschaft kommen? Ich meine, wenn irgendwelcher Dünger benutzt wird, dass dadurch der saure Regen entsteht, ich meine, das hatten wir mal, das kommt mir bekannt vor. Ich weiß nicht, ob ich da nur Blödsinn erzähle. Durch die Landwirtschaft, das könnte ich mir auch vorstellen.

(1051-1066)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Da ist richtig schön Matsche, wo sich Schweine wohl fühlen würden. Da steht schon das Wasser auf der Erde, da kann das Wasser schon nicht eindringen und man sieht die Reifenspuren vom Trecker. Eigentlich ein typisches Bild, find ich. Bei uns sind die Winter eher verregnet im Münsterland und irgendwann sammelt sich dann der Regen, im Winter ist der Acker natürlich in Anführungsstrichen tot.

(1067-1089)
Es wächst natürlich nichts und wenn es dann regnet, dann sammelt sich der Regen. Ein Teil fließt auf jeden Fall in die Erde rein, aber ich kann mir vorstellen, dass die Erde irgendwann das nicht mehr schlucken kann, dass die Stellen zwischen den einzelnen Mikroteilchen irgendwann besetzt sind. Ich stelle mir Erde auch immer so ein bisschen locker vor, dass es nicht ein Klumpen ist, sondern mehrere Moleküle aufeinander. Das Wasser fließt dann natürlich auch ins Grundwasser, aber das Wasser würde jetzt nicht bis in den Erdkern fließen. Das ist aber auch beabsichtigt, dass die Erde nicht zu viel aufnehmen kann. Dass das immer noch geregelt ist, so einen Wasserhaushalt hat sie bestimmt auch.

(1090-1112)
Zu nassen Boden, zu viel Wasser kann ich mir auch schlecht für Pflanzen vorstellen, zu wenig Wasser ist natürlich schlecht und zu viel Wasser ist auch nicht gut. Und für uns Menschen. Wenn zu viel Wasser da ist, ist natürlich Hochwassergefahr. Wenn da jetzt ein Graben wäre, wenn hier das Feld ist, dann sammelt sich das ja und fließt natürlich in den Graben, der Graben fließt dann in den Fluss, dann in die Ems und dann haben wir schnell wieder Hochwasser. Hier war ja auch schon oft Hochwasser. Das ist vom Regen auf jeden Fall.

(1113-1162)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Die Probe, die ich vorhin hatte, war schön locker und die ist richtig hart (steinhart), da bewegt sich nichts mehr, kommt einem so ein bisschen vor wie Kaffeepulver, wenn das durchgelaufen ist, wenn man das wegschmeißt. Ich kann mir vorstellen, dass die Erde sich auch manchmal so stark zusammensetzt an bestimmten Stellen. Zum Beispiel durch häufiges Auftreten, wenn irgendeine Menschenhorde über ein bestimmtes Stück Erde laufen würde, wäre das auch irgendwann so fest, weil die Erde nicht mehr so schön locker ist. Aber das kann ich mir auch nicht besonders gut vorstellen, weil so die Erde nicht mehr genug Luft kriegt. Ein Acker wird ja auch immer aufgepflügt, um die Erdschichten wieder ein bisschen zu lockern, Luft rein zu bekommen. Das ist ja auch wichtig und wenn man jetzt hier ein Korn rein setzen würde, da würde sich das hier, in der etwas lockereren besser entwickeln als in der fest gepressten Erde. Weil der Nährstoffhaushalt, das Wasser und der Sauerstoff, die zirkulieren ganz anders, in so festem Boden, dafür muss das locker sein. Das passiert dadurch, dass da zum Beispiel Leute drauf laufen oder irgendwelche Maschinen. Oder zum Beispiel die Straße, darunter ist ja auch irgendwie noch Erde, wie oft da schon jemand rüber gefahren ist und überhaupt die Betonschicht, da wächst nichts mehr drunter. Wurzeln zum Beispiel, die schlagen ja Straßen auch oft auf, dass man da so einen Huckel in der Straße hat. Da kann man zum Beispiel schon wieder merken, dass sich die Natur dagegen wehrt. Also nicht wehrt, aber es ist natürlich Bewegung darin, sonst würde so eine Wurzel das gar nicht schaffen, so eine Betonschicht auf zu machen.

(1163-1189)
Wenn ich diese beiden Proben hier in dieses Bild einordne, dann würde ich sagen, dieses feste ist, wenn so ein Trecker darüber fährt, das ist natürlich auch ganz anders. Aber ein Trecker fährt ja drüber und zieht einen Pflug hinter sich her und dadurch lockert er den Boden und der fährt ja so, dass irgendwann, wenn er draußen ist, der Pflug die letzten Spuren von ihm verwischt, dass dann keine Treckerspuren mehr drauf sind. Das bleibt locker.
Das ist ja auch wichtig, dafür macht der Bauer das ja, das ist ja nicht so, dass er den ganzen Dings da platt walzt.
Ich möchte diese festgedrückte Probe nicht als schlecht zuordnen, diese lockere Probe hier macht für mich einen gesünderen Eindruck.

(1190-1207)
Begriff Bodenversauerung: Das ist wieder das wie vorhin, irgendwie verbinde ich immer was damit, ich kann nicht genau sagen, wie so was zu Stande kommt, da bin ich jetzt nicht so im Fachgebiet drin. Bodenversauerung, da weiß ich wieder nicht, ob das gut oder schlecht ist. Eigentlich weiß ich, dass das nicht gut ist. Bodenversauerung, es ist auf jeden Fall wieder irgendwas mit dem Boden passiert, irgendwelche Prozesse darin.

(1208-1230)
Begriff Bodenerosion: Erosion, das ist, wenn der Boden sich verändert, wenn ich jetzt Tundra nehme oder Wüste einfach.
Erosion, das hatten wir auf jeden Fall (in Erdkunde in der sechsten). Ja wenn es trockener wird, wenn der Boden nicht mehr so nährstoffhaltig ist. Wenn ein Teich nährstoffarm wird, dann sagt man, der ist umgekippt. Erosion. Auf jeden Fall werden da so, ich stelle mir da auch immer ein bisschen Wind vor, die Schichten abgetragen. Wenn ich Erosion sehe, dann denke ich an Trockenheit, Veränderung des Bodens, nährstoffärmer, dass Wind darüber fegt.

(1231-1248)
Begriff Bodenverdichtung: Da denke ich an die Probe, wenn sich Boden verdichtet, kann vielleicht auch bedeuten, der Boden verdichtet sich vielleicht mit Nährstoffen. Er wird dichter, in Anführungszeichen, also nährstoffreicher, vielleicht kommt mehr Wasser rein, er verändert sich auf jeden Fall von seinen Elementen her. Oder er verdichtet sich ja wie bei der Probe, dass er härter wird, dass die Moleküle untereinander mehr zusammen gehen, das ist eben so eine typische Verdichtung. Ich kann mir da einmal vorstellen, Verdichtung im übertragenen Sinne von Nährstoffen oder vom Material her.

(1249-1261)
Mir fällt selber jetzt im Laufe des Interviews auf, wahrscheinlich habe ich viele Erfahrungen damit, weil ich vom Land komme. Aber ich selber merke jetzt auch, wie wichtig das eigentlich ist. Oder was das für ein breites Spektrum überhaupt ist, was es da alles zu erzählen gibt.

(1262-1284)
Interessieren würde mich das, was ich angesprochen habe, mit den Dingen, die man findet, Archäologie. Und zum Beispiel, was in der Zukunft ist, wie wichtig müssen wir überhaupt die Erde sehen und wie weit sind die Menschen überhaupt aufgeklärt, was da alles passiert. Das fände ich vielleicht wichtig, also was man alles in der Erde findet, also eigentlich finde ich das alles so wichtig, dass man mehr aufgeklärt wird, dass viele erkennen sollten, wie wichtig die Erde für uns ist und was überhaupt Erde bedeutet. So am Anfang, als ich gefragt wurde, Erde, da denkt man vielleicht an unsere Welt, Globus. Die Erde, so heißt ja unser Planet aber Erde ist natürlich auch Muttererde. Ich kenne mich auch nicht gut aus, solche kleinsten Sachen oder welche Risiken eigentlich eine Umweltverschmutzung hat und wenn jetzt Bodenversauerung schlecht ist, was man da machen könnte und solche Sachen.

(1285-1310)
Solche Sachen wie Bodenschichten, Erosion haben wir auf jeden Fall in Erdkunde gemacht. Das kommt mir auf jeden Fall nicht total fremd vor und meine Erfahrungen kommen natürlich auch, wie ich gesagt habe, durch zu Hause, vom Hof, wo meine Oma wohnt. Auch Landwirtschaft, vielleicht auch dadurch, dass ich mich ein bisschen dafür interessiere. Und auch mit den biologischen und chemischen Sachen, dass sind sowieso Sachen, die ich gerne mache, das habe ich jetzt auch als Differenzierungskurs Bio-Chemie. Diese Bilder vorhin, außer das mit den Nägeln, kam mir alles so bekannt vor. Ich denke auch, jeder Grevener kennt das, ich könnte mir vorstellen, in einer Großstadt wie Berlin ist das schon wieder ganz anders. Wir leben ja halt so auf dem Land und haben viel mit Erde zu tun, aber so die Bedeutung ist für viele dann wahrscheinlich nicht so <u>ganz</u> bewusst.

(1311-1330)
Ich fand das sehr interessant, dass mir selber bewusst geworden ist, was es da alles zu wissen gibt. Man läuft jeden Tag über Erde, man hat jeden Tag damit zu tun, aber man denkt überhaupt nicht daran, was ist das überhaupt. Auch welche Tiere da drin wohnen und diese ganzen Prozesse, von denen ich immer geredet habe, ich weiß natürlich nicht im Einzelnen, wie diese Prozesse ablaufen, wie so

was überhaupt geht, wie vorhin schon gesagt, wir können uns alle bewegen, Mensch und Tiere, aber Erde ist für uns nur ein Material und wie sich so was dann so entwickelt über Millionen von Jahren, finde ich ehrlich gesagt beeindruckend.

Jette - Geordnete Aussage

Boden

Bodenproben Ansprache (1-25)
Zwei verschiedene Böden. Bei Probe zwei ist die Struktur ein wenig lockerer. Durch die Äste oder Wurzeln. Das ist Boden, wo viele Pflanzen sind. Und Probe eins ist, durch die Steine, irgendwo, wo es hügelig ist, da müssen andere Pflanzen wachsen. Auf jeden Fall ziemlich andere Lebensräume. Vom Geruch ist es typisch erdig.

Boden Begriffsbestimmung (26-74) (186-199)
Erde und Boden sind ziemlich verschieden. Erde, da denkt man vielleicht erst mal an den Globus. Und Erde ist für mich auch dieser dunkle Sand. Erde ist ein Begriff von richtigem Material, wo viel, viel Leben drin ist, was bestimmte Gerüche hat, sehr vielseitig sein kann, was zum Bauen (z.B. von Hügeln) benutzt werden kann. Das hier (Proben) ist Erde. Viele verbinden damit auch Assoziationen wie dreckig. Wenn Kinder im Kindergarten spielen und in der Erde gewühlt haben, würde ich nicht sagen, mein Kind hat im Boden gewühlt.
Boden ist für mich Fußboden oder Boden zum Bauen (Ackern), Boden an Grundfläche. Boden ist ein ganz weiter Hauptbegriff. Böden sind ganz verschieden und bestehen aus verschiedenen Materialien (Erde, Stein, Steinchen, schöner feuchter Erde, trockenem Strandsand). Boden ist eine Fläche.
Muttererde Diese obere Schicht ist die Muttererde, zum Pflanzen. Muttererde, damit verbindet man auch, dass das so die Mutter ist für die Lebewesen (Regenwürmer, was da eben alles drin lebt). Die wachsen da drin. Mit Muttererde verbinde ich auch immer diesen Geruch, dieses Schwarze.

Boden Aufbau (106-170) (171-185) (200-210)
Es gibt viele verschiedene Schichten, die im Laufe der Zeit entstanden sind. Die erste Schicht ist Mutterboden oder Erde, dann kommt irgendwann eine Kalkschicht oder so was. Oder eine Schicht, wo ganz viele Steine sind und die gibt es dann schon ganz lange (Millionen Jahre) aber das ist dann auch natürlich viel tiefer. Dann kommt irgendwann vielleicht anderes Gestein oder Wasserablagerungen dazwischen, eine Art See. Oder Stalaktiten und Stalagmiten in Höhlen. Wenn man die Erde als Globus nimmt, ist das Ganze ja unsere Erde, dann könnte man auch die Schichten bis unten gehen, bis die Erdmitte ist, wo es schon, weiß ich nicht, wie heiß ist, das ist dann die ganze Erde. Diese Bodenschätze (Teller, Münzen, Vase) kann man auch unten noch finden, das soll eigentlich verteilt sein.

Boden (Erde) Bestandteile (26-74) (75-87) (88-93) (94-105) (106-170) (171-185) (256-295) (425-447) (664-674)
Erde ist für mich diese typische Muttererde und auch dieser dunkle Sand. Die Erde selbst besteht aus verschiedenen Materialien (Sand, Steinen, verschiedenen chemischen Stoffen, Ablagerungen, Elemente, bestimmte Salze und was da alles drin gebunden ist, Wurzeln und besondere Stoffe, wenn Pflanzen (alte Blume) sich zersetzt haben (abgebaute Pflanzen)). Vielleicht auch Schätze (besondere Gegenstände, alte Vasen, Münzen), von den Leuten, die früher Ackerbau betrieben haben. Für mich ist so was auch Erde, dass da so was drin ist. Wasser ist auf jeden Fall wichtiger Bestandteil. So ein Artenreichtum, vielleicht ein Käfer. Der Boden besteht da aus verschiedenen Materialien, (Erde, Stein, Steinchen, schöner feuchter Erde, trockenem Strandsand). Wenn ich auf der Wiese ein Stück Erde mit dem Spaten ausstechen würde, würde ich vielleicht einen schönen Stein finden (die sehen irgendwie besonders aus) oder Tiere (Regenwürmer, Insekten), da ist viel, was man da drin finden kann.

Merkmale Boden (Erde) (26-74) (106-170) (171-185) (425-447) (703-733) (789-804) (827-856) (857-877) (902-928) (1067-1089) (1311-1330)
Erde ist ein Material, wo viel, viel Leben drin ist, was bestimmte Gerüche hat, sehr vielseitig sein kann. Erde ist für mich auch immer locker, dass es nicht ein Klumpen ist, sondern mehrere Moleküle aufeinander. Kann auch fest sein. Mit Erde verbinde ich dieses Schwarze. Wo ich ganz klein war, hat man gerne in der Erde gespielt und das war natürlich auch sehr dreckig. Die Erde hat ja auch eine be-

stimmte Schicht (eine Art Schutzschicht, wie bei uns auf der Haut) und wenn man die so aufreißt, können diese äußeren Einflüsse, die auch schlecht für die Erde sind, direkt rein gelangen. Für uns ist Erde kein Gegenstand, aber es ist stumpfes Material das sich selber verändern kann, durch äußere Einflüsse natürlich, Wetter. Da lebt was, da ist was in Bewegung. Wenn die Erde feuchter ist, dann hängt sie mehr zusammen. So wie beim Plätzchen backen, wenn der Teig noch nicht gebacken ist, ist der auch klebriger, mehr zusammen und wenn der trocken ist, kann man den essen und er krümelt. Die Gesundheit ist auch in der Erde wichtig. Vielleicht hat der Boden ja auch eine Schutzschicht und wenn die Erde sauer ist, dass das auch gut sein kann für die Erde.

Bodenentstehung (256-295) (296-321) (353-378) (379-391)
Wenn eine Schicht angefangen hat, müssen sich die Schichten aneinander aufgebaut haben. Nur ich weiß nicht, wie. Das Material (Sand, Steine, Elemente, alles Mögliche) muss irgendwo herkommen. Aber das kann ja auch nicht sein, dann müssten die Ozeane auch noch mitwachsen. Irgendwie zersetzen sich auch bestimmte Stoffe in der Erde durch Chemie (chemische Prozesse). Dass dadurch wieder ein Teil verschwindet und in die Atmosphäre gelangt. Dass sich das durch die Natur so ausgleicht. Hier sieht das so aus, als wären das so heftige Grenzen. Hier ist Kalkstein und dann kommt auf einmal eine ganz andere Sache. Ich glaube, in echt ist das so, dass sich das Stück für Stück (über Jahre hinweggehend, nicht auf einmal) verändert, bis es dann irgendwann ein reinerer Stoff geworden ist. Also man kann schon Grenzen ermitteln. Ich kann mir vorstellen, da ist meinetwegen Kalk drin und irgendwann kommt Boden mit anderen Verhältnissen, dass der neue Stoff sich langsam da rein setzt und dass der eine dann ein bisschen weggedrängt (weniger) wird. Und dass die beiden Stoffe sich auch vielleicht vermischen und das daraus vielleicht schon wieder was ganz anderes entsteht. Erde ist irgendwie für einen da, aber Erde verändert sich auch. Die hat sich durch kleine Steine und durch Zersetzung von kleinen Tieren (Pflanzenteilen) entwickelt. Ich weiß, dass Erdöl und so durch Mikroorganismen, die sich zersetzt haben, entsteht. Und so kann ich mir das bei Erde auch vorstellen. Evolution irgendwie. Bis sich Erde entwickelt dauert das sehr lange, Millionen Jahre. Die Erde war früher, als die Steinzeitmenschen gelebt haben, bestimmt ähnlich, aber die muss vielleicht eine ganz andere Struktur gehabt haben. Man merkt das an den Schichten.

Mächtigkeit (211-255)
Bis wohin geht die Erde? Ich weiß nicht, kommt auch darauf an, wie der Boden da geschaffen ist (welche Verhältnisse der hat). Im Gebirge, z. B. im Teutoburger Wald, beim Hockenden Weib, ist ganz oft, dass alles flach ist, dann ist Stein der Boden (ragen die Steine aus dem Boden). Da ist natürlich auch ein bisschen Erde (Waldboden) dazwischen, aber man hat nicht nur die Erde. Oder man hat einen Stein in diesen Schichten, wo dann ganz viel Erde drüber ist. Ich kann mir gar nicht vorstellen, wie tief die Erde an sich wirklich sein kann. Es kann nur ein Meter sein und dann kommt vielleicht schon ein dicker Stein, aber vielleicht auch schon zehn Meter nur Erde, vielleicht auch noch mehr.

Schichten Unterschiede (106-170) (186-199) (256-295) (296-321) (322-352) (392-424)
Es gibt viele verschiedene Schichten, die im Laufe der Zeit (Jahrmillionen) entstanden sind. Diese obere Schicht ist die Muttererde (Erde), also zum Pflanzen, dann kommt irgendwann eine Kalkschicht oder so. Oder hier ist dann eine Schicht, wo ganz viele Steine sind und die gibt es dann schon ganz lange (Millionen Jahre). Das ist dann natürlich viel tiefer. Dann kommt irgendwann vielleicht anderes Gestein oder Wasserablagerungen (eine Art See) dazwischen. Oder diese Steine, Stalaktiten und Stalagmiten (Tropfstein), die von oben und von unten kommen, in so Höhlen. Jedes Zeitalter hat seine bestimmte Schicht, dadurch haben die Archäologen (man) auch erkannt, wenn die so einen Spatenstich im Torf machen, dass die Schicht in den Jahrhunderten entstanden ist. Und da hat man besonders viel Kupfer gefunden in den Schichten. Hier sieht das so aus, als wären das so heftige Grenzen. Hier ist Kalkstein und dann kommt auf einmal eine ganz andere Sache. Ich glaube, in echt ist das so, dass sich das Stück für Stück (über Jahre hinweg, nicht auf einmal) verändert, bis das dann irgendwann ein reinerer Stoff geworden ist. Also man kann schon Grenzen ermitteln. Und hier das ist so ein Übergang, hier ist fester Stein, dann wird der immer poröser, immer kleinere Steine, und geht dann irgendwann in den Mutterboden über, wo natürlich auch noch kleine Steine zu finden sind. So stelle ich mir auch diese Übergänge vor, zwischen den Schichten.

Vielfältigkeit der Böden (211-255) (256-295) (322-352)
Es kommt immer darauf an, wie der Boden geschaffen ist (welche Verhältnisse der hat). Im Gebirge, z. B. im Teutoburger Wald, beim Hockenden Weib, ist es ganz oft, dass alles flach ist, dann ist Stein der Boden (ragen die Steine aus dem Boden). Da ist natürlich auch ein bisschen Erde (Waldboden) dazwischen, aber man hat nicht nur die Erde. Oder man hat einen Stein irgendwo in diesen Schichten, wo dann ganz viel Erde drüber ist. Torf ist ja eine besondere Erde. Das sieht so aus wie im Steinbruch, es ist ganz fester Stein und dann hier würde ich das wieder als Muttererde bezeichnen, dann muss das sehr nährstoffreicher Boden sein, denn auf Stein könnten nie Pflanzen wachsen. Daran erkennt man, dass unser Boden (unsere verschiedenen Böden) auf der Erde ganz verschiedene Erden enthält.

Bodenfunktion (26-74) (94-105) (186-199) (200-210) (322-352) (392-424) (425-447) (448-458) (522-540) (541-587) (626-646) (664-674) (1067-1089) (1249-1261)
Boden ist Fußboden oder Boden zum Bauen (Ackern). Natürlich ist es sehr wichtig für die Bauern, die da ihre ganzen Getreidesorten und alles Mögliche anbauen. Unsere Häuser werden auch aus Erde (Kalksandstein, Sand) gebaut. Diese Schätze von irgendwelchen Menschen von früher (besonderen Gegenstände, alte Vasen, Münzen, Teller) kann man auch unten noch finden, das soll eigentlich verteilt sein, diese Bodenschätze sozusagen. Erde ist ein Material, wo viel, viel Leben drin ist. Mit Muttererde verbindet man auch, dass das die Mutter für die Lebewesen (Regenwürmer, Insekten, was da eben alles drin lebt) ist, die da drin wachsen und dass sich die Pflanzen entwickeln (wachsen) können. Tiere brauchen die Erde auch, weil dort zum Beispiel Gras wächst und weil Regenwürmer in der Erde leben und davon ernähren sich viele Vögel. Also es ist ein Kreislauf und Erde gehört dazu. Viele Tiere verstecken sich in der Erde wie Dachse, die bauen ihre Höhlen zum Winterschlaf. Wo ich ganz klein war, hat man gerne in der Erde gespielt. Die Erde ist auch wichtig, dass die Luft sich austauschen kann oder alles so ein Kreislauf ist. Ich kenne kaum eine Großstadt (z.B. London), die keinen Park hat. Und wie wichtig das zum Beispiel auch für die Menschen ist, dass sie da mal ein bisschen abschalten können. Und das ist auch wirklich schön, wenn man in der Großstadt war, ist man irgendwann so fertig, weil das so anstrengend ist. Und dann ist man froh, wenn man sich in so einen Park legen kann und auf richtiger Erde liegt. Da ist ja noch Rasen und Muttererde. Und das ist eben wichtig für alle Lebewesen. Ich finde, das gehört auch einfach dazu für uns (ist schöner), wenn man Erde, Grün und Pflanzen um sich hat. Ich fahr gerne mal Fahrrad, dann fahr ich gerne mal Richtung Rieselfelder (Kanal) und da gibt es auf jeden Fall auch viele Möglichkeiten. Selbst in den Großstädten gibt es das ja und das braucht man auch. Wasser sammelt sich im Boden, Grundwasser. Und wenn man Wasser fördert, zum Beispiel für Mineralbrunnen, sind die Mineralien im Wasser, die löst das Wasser aus der Erde (dem Gestein) heraus. Das ist aber auch beabsichtigt, dass die Erde nicht zu viel Wasser aufnehmen kann. Dass das immer noch geregelt ist, so einen Wasserhaushalt hat sie bestimmt auch. Die Erde ist wirklich sehr wichtig, fällt mir gerade mal so auf. Oder was das für ein breites Spektrum überhaupt ist, was es da alles zu erzählen gibt.

Bodenveränderung / Bodenzerstörung
Reaktion / Rolle des Menschen (392-424) (425-447) (507-521) (541-587) (626-646) (647-663) (664-674) (1012-1050) (1051-1066) (1090-1112) (1113-1162) (1113-1162) (1163-1189) (1262-1284)
Ursachen
Bauern benötigen die Erde zum Getreideanbau oder für Häuser. Weil diese Masse mehr geworden ist und dass Städte sich vergrößern, weil viele Leute immer mehr wollen (größere Einkaufszentren, größere Häuser, bessere Wohnmöglichkeiten). Und so wächst das Ganze natürlich, immer dieses Moderne. Ich kann mir vorstellen, dass die Erde sich an bestimmten Stellen auch manchmal so stark zusammensetzt. Zum Beispiel durch häufiges Auftreten (wenn irgendeine Menschenhorde über ein bestimmtes Stück Erde laufen würde, irgendwelche Maschinen) wäre das auch irgendwann so fest, weil die Erde nicht mehr so schön locker ist. Aber das kann ich mir auch nicht besonders gut vorstellen, weil so die Erde nicht mehr genug Luft kriegt. Ein Acker wird ja auch immer aufgepflügt, um die Erdschichten wieder ein bisschen zu lockern, Luft rein zu bekommen. Aber ein Trecker fährt ja drüber und zieht einen Pflug hinter sich her und dadurch lockert er den Boden und der fährt ja so, dass irgendwann, wenn er draußen ist, der Pflug die letzten Spuren von ihm verwischt, dass dann keine Treckerspuren mehr drauf sind. Das bleibt locker. Das ist ja auch wichtig, dafür macht der Bauer das ja, das ist ja nicht so, dass er den ganzen Dings da platt walzt.

Folgen
Die Pflanzen ernähren sich von dem Boden, von den Stoffen, die im Grundwasser gelöst sind. Dann nehmen die das auf, wir essen zum Beispiel die Pflanzen, oder die Rinder, die wir wiederum essen, essen Mais. Das sitzt schon wieder im Kreislauf, wenn einmal so etwas drin ist. Es gibt natürlich giftige Stoffe, die sich auf unseren Körper nicht gut auswirken. Aber ich denke, da gibt es natürlich auch Vorschriften, also man hört ja auch immer wieder von Lebensmittelvergiftung und allem möglichen. Wenn irgendwelcher Dünger benutzt wird, entsteht dadurch der saure Regen. Durch die Landwirtschaft.
Reaktionen
Vielleicht wehren sich auch irgendwann viele Leute dagegen, wenn man so was mal ein bisschen offensichtlicher macht, wie wichtig Erde eigentlich für uns ist. In welchen Zeiträumen diese Veränderungen geschehen, kommt darauf an, wie sich die Menschen verhalten. Ob es Leute gibt, die sich ändern und sagen: Stopp! das dürfen wir jetzt nicht, wir müssen besser mit unserer Welt (der Erde) umgehen. Es kann sein, dass es in hundert Jahren passiert, es kann sein, dass es in zehntausend Jahren noch nicht so ist. Das ist ja das Problem, dass viele gar nicht so genau wissen, wofür das (Kreislauf) überhaupt alles wichtig ist.

Bedeutung der Veränderungen (789-804)
Ich würde sagen, dass das gut ist, dass die Erde sich selber verändern kann, das ist eigentlich ziemlich positiv, dass es das selber schafft, durch äußere Einflüsse natürlich, Wetter.

Veränderungen allgemein (296-321) (481-506) (789-804) (827-856)
Hier ist Kalkstein und dann kommt auf einmal eine ganz andere Sache. Ich glaube, dass sich das Stück für Stück (über Jahre hinweggehen, nicht auf einmal) verändert, bis das dann irgendwann ein reinerer Stoff geworden ist. Ich kann mir vorstellen, da ist Kalk drin und irgendwann kommt Boden mit anderen Verhältnissen, dass der neue Stoff sich so langsam da rein setzt und dass der eine dann ein bisschen weggedrängt (weniger) wird. Und dass die beiden Stoffe sich vielleicht vermischen und dass daraus wieder was ganz anderes entsteht. Erde in fünfzig (hundert, tausend) Jahren, da wäre vielleicht das Problem, dass Leute alles zubetonieren, dass irgendwann wirklich zu wenig Erde da ist. Es gibt immer mehr Sachen, die gebaut werden (Dörfer werden größer, immer mehr Neubaugebiete). Natürlich ist dann die Erde noch unter den Häusern vorhanden, aber das ist ja dann für uns nicht mehr so offen, dann ist die zubetoniert, also so eine Schicht, die das abschließt. Auch, dass die Erde sich wieder verändert, wie sie das schon immer gemacht hat. Ich würde sagen, dass das gut ist, dass die Erde sich selber so verändern kann, durch äußere Einflüsse natürlich, Wetter. Vielleicht auch Umweltbelastung. Zum Beispiel im negativen Sinne, dass sich da irgendwelche Stoffe rein setzen, die wirklich nicht gut für uns (die Pflanzen) sind und wenn wir uns wieder von den Pflanzen ernähren, dann wäre das wieder so ein schlechter Kreislauf. Wenn man ein Haus vielleicht auf schlechten Boden gebaut hat, kann das auch passieren, dass Häuser einsacken, durch die Veränderung der Erde. Oder man sieht auch öfter, dass irgendwelche Schilder, dass irgendwas (irgendein Gegenstand) sich verändert hat, dass das in sich einsackt, zum Beispiel Häuser. Da direkt würde ich jetzt nicht den Wind für zuständig machen. Mehr, was in der Erde drin für Schichtungen sind.

Umweltverschmutzung
Ursachen (588-625)
Umweltbelastungen, weil in der Chemie (Lebensmittelbranchen) immer mehr chemische Sachen eingesetzt werden, die Produkte besser (schneller, günstiger) machen, auch durch Abwasser von Fabriken. Das ist ja so ein Kreislauf. Wenn Abwässer im Fluss sind, löst sich das oder kommt auch in die Erde. So kommt Umweltverschmutzung zu Stande. Eine andere Möglichkeit, wie Verschmutzung in die Erde gelangt ist, wenn auf dem Feld gespritzt wird. Für bessere Entwicklung der Pflanzen spritzen Bauern ja auch.
Folgen (481-506) (588-625) (626-646)
Umweltbelastung im negativen Sinne. Natürlich gibt es auch gute Zusätze, aber im Großen und Ganzen ist zu viel Chemie nicht gut. Ich kann mir vorstellen, dass es auch wirklich so Zeug (irgendwelche Stoffe, giftige Sachen) gibt, das wirklich nicht gut, richtig giftig ist, was vielleicht die Pflanzen schnell wachsen und gut aussehen lässt, wo der Bauer dann seinen Gewinn durch hat, aber in echt ist es wirklich schlecht und gelangt dann so in den Boden, ins Grundwasser. Dann sind die Stoffe einmal im

Kreislauf. Die Pflanzen ernähren sich von dem Boden, von den Stoffen, die im Grundwasser gelöst sind. Dann nehmen die das auf und wir essen zum Beispiel die Pflanzen, oder die Rinder, die wir wiederum essen, essen Mais. Und das ist natürlich nicht gut für uns. Es gibt natürlich giftige Stoffe, die sich auf unseren Körper nicht gut auswirken. Dann wäre das wieder so ein schlechter Kreislauf. Aber ich denke, da gibt es natürlich auch Vorschriften, also man hört ja auch immer wieder von Lebensmittelvergiftung und allem möglichen.

Zeit (106-170) (256-295) (379-391) (734-788) (1311-1330)
Es gibt ja viele verschiedene Schichten, die im Laufe der Zeit (Jahrmillionen) entstanden sind.
Jedes Zeitalter hat seine bestimmte Schicht.

Bebauen (459-480)
Im Alltag, wenn ich jetzt meinen Schulweg überlege, da läuft man nur auf gepflasterten oder asphaltierten Straßen. Da begegnet einem die Erde gar nicht.
Ursachen (481-506) (507-521)
Erde in fünfzig (hundert, tausend) Jahren, da wäre vielleicht das Problem, dass Leute alles zubetonieren, dass irgendwann wirklich zu wenig Erde da ist. Es gibt immer mehr Sachen, die gebaut werden (Dörfer werden größer, immer mehr Neubaugebiete). Weil diese Masse mehr geworden ist und dass Städte sich vergrößern, weil viele Leute immer mehr wollen (größere Einkaufszentren, größere Häuser, bessere Wohnmöglichkeiten). Und so wächst das Ganze natürlich, immer dieses Moderne.
Folgen (481-506) (522-540)
Natürlich ist dann die Erde noch unter den Häusern vorhanden, aber das ist ja dann für uns nicht mehr so offen, dann ist die zubetoniert, eine Schicht, die das abschließt. Es wird viel Erde zerstört, nicht zerstört, aber die ist nicht mehr für uns offensichtlich. Das Gebiet, wo man auch anbauen kann, das schrumpft natürlich auch. Wenn man sich überlegen würde, die ganze Erde, also der Globus, wäre mit einer Betonschicht bedeckt, das würde gar nicht mehr gehen. Da würde man gar nicht mehr richtig leben können, da fehlt einem das Wasser, die Ozeane. Ich könnte mir auch vorstellen, dass dann die Luft ganz anders wäre (sich verändert), mit der Zirkulation irgendwie. Die Erde ist auch wichtig, dass die Luft sich austauschen kann oder alles so ein Kreislauf ist.
Trendwende (541-587)
Die Städte wachsen ja auch. Ich kann mir aber auch vorstellen, dass der Trend dahin geht, ich kenne kaum eine Großstadt, die keinen Park hat. Gott sei Dank ist es ja noch nicht so, dass alles zubetoniert ist, ich kann mir das auch nicht vorstellen, dass das schlimmer werden wird. Oder vielleicht ja, aber ich denke, es wehren sich ja auch irgendwann viele Leute dagegen, wenn man so was auch mal ein bisschen offensichtlicher macht, wie wichtig Erde eigentlich für uns ist.

Bodenerosion
Begriff Bodenerosion (1208-1230)
Erosion, das ist, wenn der Boden sich verändert, wenn ich jetzt Tundra nehme oder Wüste. Wenn es trockener wird, wenn der Boden nicht mehr so nährstoffhaltig (nährstoffärmer) ist. Ich stelle mir da auch immer ein bisschen Wind vor, der darüber fegt, der die Schichten abträgt.

Wassererosion
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser (675-702): Das sind richtige Brüche, wenn ich mir den Boden so angucke, dann ist der ziemlich grün, da wurde wohl lange nichts mehr gemacht vom Bauern.
Ursachen (675-702)
Ich glaube, diese Risse sind entstanden, dass tiefer irgendetwas passiert ist. Oder vielleicht auch durch Frost, da gibt es immer Frostbrüche, aber die kann ich mir nicht so dick vorstellen. Ich kann mir auch vorstellen, dass da irgendetwas mit Wasser passiert (Wasser durchgelaufen) ist. Vielleicht sieht man so leichte Risse öfter. Aber das kommt mir echt vor wie ein kleiner Bach da. Vielleicht auch zu viel Wasser. Aber wenn so ein Feld schon mal bricht, vielleicht ist da schon irgendwas nicht mehr so ganz okay mit dem Feld.
Folgen (703-733)
Das ist nicht gut. Bei Hochwasser ist das zum Beispiel so, dass die Erde gar nicht so viel Wasser aufnehmen kann. Dann bleibt das Wasser stehen und steigt und steigt und dafür ist Hochwasser auch so

gefährlich. Wenn das schon so Risse hervorruft, das könnte vielleicht für das Wachstum von Pflanzen nicht so ganz gut sein. Vielleicht ist es auch wie eine Wunde, die aufgerissen ist. Die Erde hat ja auch eine bestimmte Schicht (eine Art Schutzschicht, wie bei uns auf der Haut) und wenn man die so aufreißt, können natürlich diese äußeren Einflüsse, die auch schlecht für die Erde sind, so direkt rein gelangen.

Regeneration (703-733)

Wenn man so rechts guckt, das sieht hier so unbenutzt aus, vielleicht könnte man das auch regenerieren, also wieder herstellen, dass ich mir die Schäden nicht so ganz schlimm vorstellen kann.

Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode (734-788)

Ich finde das ziemlich beeindruckend, dass die Erde das so allein schafft, so einen Nagel wieder aus sich herauszubekommen. Nägel sind ja ziemlich fest (robust, halten ziemlich viel). Das ist wahrscheinlich wirklich darauf zurück zu führen, dass die Erde sich bewegt (locker ist) und vielleicht auch, dass die Schichten sich verändert haben. Vier Bilder sind auch wie vier Jahreszeiten. Wenn ich mir vorstelle, da wurde jetzt feucht der Nagel reingerammt und durch die Witterung verändert sich die Erde, wird vielleicht mal frostig und dann taut das Ganze wieder. Oder der Nagel wird auch mal gedrückt und wieder losgelassen und dass der sich durch diese Reibung nach und nach nach oben geschoben hat, weil sich die Erde in sich selber die ganze Zeit verändert hat. Ich kenne das, wenn das so trocken ist, kaum Wasser, dann entstehen schnell diese dünnen Risse.

Winderosion *(u. a. Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind)* (805-816) (817-826) (827-856)

Die Erde verändert sich durch den Wind, da wird, besonders wenn es trocken ist, immer was (die obersten Schichten) abgetragen. Vielleicht kommt auch was dazu. Das sieht für mich sofort so sommerlich aus, als würde der Wind die feinen Körner (Sandkörner, Erdkörner) über die Fläche (den Acker) blasen. Hoch in den Bergen ist richtig Gestein. Wenn der Wind da immer wieder entlang weht, kann der auch richtige Steinbrocken in Bewegung setzten. Es kommt darauf an, welche Gegebenheit (Qualität, wie feucht, wie fest) die Erde hat (ist). Wenn sie feuchter ist, dann hängt sie mehr zusammen. So wie beim Plätzchen backen zum Beispiel, wenn der Teig noch nicht gebacken ist, ist der auch klebriger, mehr zusammen und wenn der trocken ist, kann man den so essen und er krümelt.

Bodenverdichtung

Begriff Bodenverdichtung (1231-1248)

Wenn sich Boden verdichtet, kann das vielleicht auch bedeuten, der Boden verdichtet sich mit Nährstoffen, wird nährstoffreicher, vielleicht kommt mehr Wasser rein. Er verändert sich auf jeden Fall von seinen Elementen her. Oder er verdichtet sich wie bei der Probe, dass er härter wird, dass die Moleküle untereinander mehr zusammen gehen, das ist eben so eine typische Verdichtung vom Material her.

Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung

Ursachen (1051-1066) (1067-1089)

Da ist richtig schön Matsche, wo sich Schweine wohl fühlen würden. Da steht schon das Wasser auf der Erde und kann schon nicht eindringen und man sieht die Reifenspuren vom Trecker. Bei uns sind die Winter eher verregnet im Münsterland und irgendwann sammelt sich dann der Regen. Im Winter ist der Acker in Anführungsstrichen tot. Es wächst natürlich nichts und wenn es dann regnet, dann sammelt sich der Regen. Ein Teil fließt in die Erde rein, aber ich kann mir vorstellen, dass die Erde das irgendwann nicht mehr schlucken kann, dass die Stellen zwischen den einzelnen Mikroteilchen besetzt sind. Das Wasser fließt dann natürlich auch ins Grundwasser, aber das Wasser würde nicht bis in den Erdkern fließen. Das ist aber auch beabsichtigt, dass die Erde nicht zu viel aufnehmen kann. Dass das immer noch geregelt ist, so einen Wasserhaushalt hat sie bestimmt auch.

Folge (1090-1112)

Zu nassen Boden, zu viel Wasser kann ich mir auch schlecht für Pflanzen vorstellen. Und für uns Menschen. Wenn zu viel Wasser da ist, ist natürlich Hochwassergefahr. Wenn da ein Graben wäre, wenn hier das Feld ist, dann sammelt sich das und fließt natürlich in den Graben, der Graben fließt dann in den Fluss, dann in die Ems und dann haben wir schnell wieder Hochwasser.

Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt

Ursachen (1113-1162)
Die Probe ist richtig hart (steinhart), da bewegt sich nichts mehr. Ich kann mir vorstellen, dass die Erde sich an bestimmten Stellen auch manchmal so stark zusammensetzt. Zum Beispiel durch häufiges Auftreten (Leute / Menschenhorde laufen drauf, irgendwelche Maschinen) wäre das auch irgendwann so fest, weil die Erde nicht mehr so schön locker ist. Oder zum Beispiel die Straße, darunter ist ja auch irgendwie noch Erde, wie oft da schon jemand rüber gefahren ist.
Folgen (1113-1162) (1163-1189)
Aber das kann ich mir nicht besonders gut vorstellen, weil so die Erde nicht mehr genug Luft kriegt. Ein Acker wird immer aufgepflügt, um die Erdschichten wieder ein bisschen zu lockern, Luft rein zu bekommen. Das ist ja auch wichtig und wenn man jetzt hier ein Korn rein setzen würde, da würde sich das hier, in der etwas lockereren besser entwickeln als in der fest gepressten Erde. Weil der Nährstoffhaushalt, das Wasser und der Sauerstoff, die zirkulieren ganz anders, in so festem Boden, dafür muss das locker sein. Und überhaupt die Betonschicht, da wächst nichts mehr drunter. Wurzeln zum Beispiel, die schlagen ja Straßen auch oft auf, dass man da so einen Huckel in der Straße hat. Da kann man zum Beispiel schon wieder merken, dass sich die Natur dagegen wehrt. Also nicht wehrt, aber es ist natürlich Bewegung darin, sonst würde eine Wurzel das gar nicht schaffen, eine Betonschicht auf zu machen. Wenn ich diese beiden Proben hier in dieses Bild einordne, dann würde ich sagen dieses feste ist, wenn so ein Trecker darüber fährt, das ist natürlich auch ganz anders. Aber ein Trecker fährt ja drüber und zieht einen Pflug hinter sich her und dadurch lockert er den Boden und der fährt ja so, dass irgendwann, wenn er draußen ist, der Pflug die letzten Spuren von ihm verwischt, dass dann keine Treckerspuren mehr drauf sind. Das bleibt locker. Das ist ja auch wichtig, dafür macht der Bauer das ja, das ist ja nicht so, dass er den ganzen Dings da platt walzt. Ich möchte diese festgedrückte Probe nicht als schlecht zuordnen, diese lockere Probe hier macht für mich einen gesünderen Eindruck.

Bodenversauerung

Begriff Bodenversauerung (1190-1207)
Ich kann nicht genau sagen, wie so was zu Stande kommt. Bodenversauerung, da weiß ich wieder nicht, ob das gut oder schlecht ist. Eigentlich weiß ich, dass das nicht gut ist.
Bodenversauerung, es ist auf jeden Fall wieder irgendwas mit dem Boden passiert, irgendwelche Prozesse darin.

Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I); Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I)
Ursachen (902-928) (1012-1050)
So etwas entsteht durch den sauren Regen. Das ist mit dem pH-Wert, sauer ist natürlich unter 7. Der Regen sickert in die Erde, ins Grundwasser und dann kommt dieser niedrige pH-Wert zu Stande.
Wenn was in der Erde versetzt ist, kann das ja auch aus der Erde raus kommen. Regen entsteht durch Verdunsten. Dann gelangt es wieder in den Kreislauf, sammelt sich in der Atmosphäre an, dann entstehen wieder Wolken und dann regnet es. Ich meine, das ist sogar etwas mit Salpetersäure. Dann ist ja dieser Kreislauf geschaffen und dann regnet es eben sauren Regen. Kann das nicht sogar aus der Landwirtschaft kommen? Ich meine, wenn irgendwelcher Dünger benutzt wird, dass dadurch der saure Regen entsteht.
Folgen (929-951) (952-1011)
Und ich könnte mir vorstellen, wenn die Erde so sauer ist, ist das für viele Lebewesen auch nicht mehr so gut, weil sich dadurch schon wieder was verändert. Verdünnte Salzsäure ist natürlich sehr stark sauer, die hat einen pH-Wert von 1, obwohl sauer auch schon wieder nützlich sein kann. Wir haben diesen Säureschutzmantel auf unserer Haut. Und da ist sauer schon wieder wichtig. Vielleicht hat der Boden auch eine Schutzschicht und, wenn die Erde sauer ist, kann das auch gut sein für die Erde. Aber zu sauer, sauer wie Essig? 1980 hatten wir einen eher neutralen Boden. 6,5, das ist dann so wie menschliches Urin und Milch, also Dinge, die wir täglich produzieren und trinken, eben leicht säuerlich, was noch gut für die Erde ist. 2000 ist dann der pH-Wert 4 und 4 ist ja schon saure Milch und vorher 6,5 ist ja Milch, also von Milch zur sauren Milch weiß man ja auch, dass Milch dann nicht mehr gut ist, wenn sie sauer ist. Da kann man schon wieder den Unterschied erkennen. Cola, Mineralwasser ist auch 4. Mineralwasser, das ist natürlich gut für uns, das kommt ja auch aus dem Boden, wie ich vorhin gesagt habe mit den Mineralien, Cola weiß jeder eigentlich, dass das nicht so gut für die Zähne ist. Man hat auf jeden Fall schon oft von saurem Regen gehört. Zum Beispiel Zitronensaft ist

genauso wie Essig vom pH-Wert. Und Zitronensaft ist eigentlich nicht schädlich für uns. Aber vielleicht ist es schädlich, wenn man das nicht nur auf die Menschen bezieht, wenn man das überhaupt auf alle Tiere bezieht. Ich kann mir vorstellen, dass viele Tiere damit nicht zurecht kommen, wenn der pH-Wert so niedrig ist, so sauer. Aber zum Beispiel Batteriesäure, natürlich weiß man, dass Batterien nicht gut sind. Und verdünnte Salzsäure kann auch keiner mal eben trinken. Und zum Beispiel Magensaft, das hat ja unsere Natur selber eingerichtet, diese Enzyme sind leicht säuerlich, dass unsere Nahrung überhaupt zersetzt werden kann, das ist schon wieder positiv. Und wenn ich mir überlegt, dass unsere Erde leicht säuerlich ist und etwas versetzt, so wie vorhin gesagt, sie muss ja auch irgendwie Pflanzen und alles umsetzen können. Das ist ja wieder Chemie, pH-Wert ist sowieso Chemie. Ich meine, damit merkt man, wie Chemie den Boden verändert. Das irritiert mich schon so ein bisschen. Das eine ist gut, das andere ist schlecht. Ich weiß, dass es das gibt, aber ich kann nicht genau einordnen, was das genau für Auswirkungen das auf unseren Boden hat.
Maßnahmen (902-928)
Man hat irgendwie mit Kalk dagegen gearbeitet. Das hatten wir, im Chemiebuch hatten wir das mal.

Bedeutung der Luft (878-901)
Luft besteht aus Elementen (Sauerstoff, Stickstoff, Edelgase), die wir überall in unserem Leben finden (Chemie, Biologie). Der Sauerstoffgehalt oben im Gebirge ist ganz anders als bei uns hier im Flachland. Ich kann mir vorstellen, dass die Erde oder Pflanzen da ganz anders wachsen würden, dass die Erde sich auf jeden Fall verändert. Die braucht Luft, so wie wir Luft zum Atmen brauchen, dass die Erde ohne Sauerstoff nicht so richtig leben könnte.

Idealistische Naturvorstellungen (256-295) (392-424) (481-506) (522-540) (588-625) (626-646) (952-1011) (1067-1089) (1113-1162) (1163-1189)

- Irgendwie zersetzen sich ja auch bestimmte Stoffe in der Erde. Also es wird viel durch Chemie und die chemische Prozesse zersetzt. Dass dadurch schon wieder ein Teil verschwindet und in die Atmosphäre gelangt. Dass sich das durch die Natur so ausgleicht.
- Wenn es die Erde nicht geben würde, das wäre auf jeden Fall schlecht. Natürlich ist es sehr wichtig, erstmal für die Bauern, die da ihre ganzen Getreidesorten und alles Mögliche anbauen. Tiere brauchen die Erde auch, weil dort zum Beispiel Gras wächst und weil Regenwürmer in der Erde leben und davon ernähren sich viele Vögel. Also es ist ein Kreislauf und auf jeden Fall gehört Erde dazu.
- Zum Beispiel im negativen Sinne, dass sich irgendwelche Stoffe in den Boden setzen, die wirklich nicht gut für uns sind und auch für die Pflanzen nicht und wenn wir uns wieder von den Pflanzen ernähren, dann wäre das wieder so ein <u>schlechter</u> Kreislauf.
- Dass die Erde auch wichtig ist, dass die Luft sich austauschen kann oder alles so ein Kreislauf ist.
- Das ist ja so ein Kreislauf, wenn Abwässer im Fluss sind, löst das sich oder kommt in die Erde. So kommt Umweltverschmutzung zu Stande.
- Dann sind die Stoffe einmal im Kreislauf. Die Pflanzen ernähren sich von dem Boden, von den Stoffen, die im Grundwasser gelöst sind. Dann nehmen die das auf und wir essen zum Beispiel die Pflanzen, oder die Rinder, die wir wiederum essen, essen Mais. Deswegen würde ich sagen, dass das schon wieder im Kreislauf sitzt, wenn einmal so etwas drin ist.
- Die Gesundheit ist auch in der Erde wichtig.
- Und zum Beispiel Magensaft, das hat ja unsere Natur selber eingerichtet, diese Enzyme sind leicht säuerlich, dass unsere Nahrung überhaupt zersetzt werden kann, das ist schon wieder positiv.
- Das ist aber auch beabsichtigt, dass die Erde nicht zu viel Wasser aufnehmen kann. Dass das immer noch geregelt ist, einen Wasserhaushalt hat sie bestimmt auch.
- Da kann man zum Beispiel schon wieder merken, dass sich die Natur dagegen wehrt. Also nicht wehrt, aber es ist natürlich Bewegung darin, sonst würde so eine Wurzel das gar nicht schaffen, so eine Betonschicht auf zu machen.
- Diese lockere Probe hier macht für mich einen gesünderen Eindruck.

Jette Explikation

Charakteristika der Vorstellungen

Jettes Vorstellungen sind sehr komplex und differenziert. Sie lassen viele Zusammenhänge zwischen einzelnen Konzepten erkennen. So bezieht sie z.B. die genannten Veränderungen im Boden auf bereits vorher beschriebene Grundlagen.

Boden

Die vorgelegten Bodenproben spricht Jette als zwei verschiedene Böden an. Ihre Begriffsdefinition widerspricht dieser Bedeutungszuweisung. Unter Boden versteht sie eher eine Fläche, er stellt einen Hauptbegriff dar, unter den die Bedeutungen Boden als Grundfläche, Fußboden oder Boden zum Bebauen oder zum Beackern fallen. Erde ist für Jette der Globus, aber auch der dunkle Sand. Es handelt sich dabei um richtiges Material. Jette schildert eine Vielzahl an Merkmalen, welche die Erde (Muttererde) besitzt: Erde beinhaltet Leben, ist lebendig und in Bewegung, hat verschiedene Gerüche und wird zum Bauen benutzt. Jette verbindet auch die Assoziation dreckig mit der Erde. Für Jette ist Erde kein Klumpen sondern locker, mit mehreren Molekülen aufeinander. Andererseits sagt sie, dass Erde auch fest sein kann. Erde wird als Material bezeichnet, das sich selbst, durch äußere Einflüsse wie das Wetter, verändern kann. Erde hätte eine Art Schutzschicht. Wenn diese aufreißt, könnten schädliche Einflüsse von außen eindringen. Jette spricht auch davon, dass die Gesundheit in der Erde wichtig ist. Die obere Schicht des Bodens bezeichnet Jette als Muttererde. In ihr wachsen die Pflanzen und leben z.B. Regenwürmer. Muttererde ist durch einen eigenen Geruch und etwas Schwarzes gekennzeichnet. Muttererde und Erde werden oft als Synonym gebraucht.
Boden ist für Jette in verschiedene Schichten aufgebaut, die im Laufe der Zeit entstanden sind. Unter der Erde kämen z.B. eine Kalkschicht oder verschiedene Gesteinsschichten, die sehr alt sein könnten. Wasserablagerungen wie unterirdische Seen und Höhlen mit Stalagmiten und Stalaktiten könnten auch vorkommen. In den verschiedenen Schichten könnten „Bodenschätze“ vorkommen, wie Vasen, Teller und Münzen, mit denen Jette wahrscheinlich archäologische Funde meint (Abbildung 21).

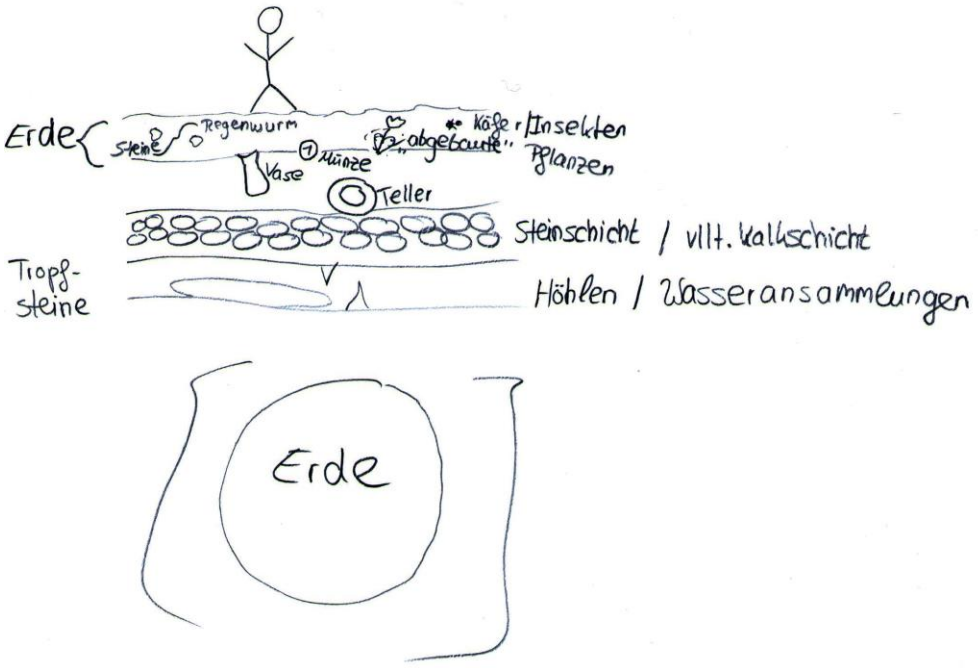

Abbildung 21: Skizze zum Bodenaufbau – Jette

Erde (Muttererde) besteht für Jette aus dunklem Sand. Als Bestandteile zählt sie Sand, Steinchen, schöne Steine, chemische Stoffe, Ablagerungen, Elemente, Salze, Wurzeln, Tiere wie Regenwürmer, Käfer und Insekten, Wasser und Stoffe, die bei der Zersetzung von Pflanzen entstehen, auf. Weiterhin könnte man im Boden „Schätze“ finden wie bereits oben beschrieben. Die beschriebenen Schichten

würden sich einerseits im Material (Erde, Kalkstein, anderes Gestein) und andererseits durch die Entstehungszeit unterscheiden. Die tieferen Schichten wären dabei älter als die oben liegenden Schichten.
Jette versucht sich die Entstehung der unterschiedlichen Schichten zu erklären. Sie meint, dass diese sich übereinander gelagert haben. Sie kann sich aber nicht erklären wo, das Material dafür herkommt. Die Erde müsste daher immer dicker werden und sie zieht kurzfristig die Ozeane als Verursacher in Erwägung, verwirft den Gedanken aber schnell wieder, da die Ozeane folglich auch mitwachsen müssten. Als weitere Idee bringt sie die Zersetzung von Stoffen, z.B. von kleinen Tieren und Pflanzenteilen durch chemische Prozesse mit ein. Das stellt sie sich als einen langen Prozess vor, an dessen Ende ein reiner Stoff entsteht. Sie nennt aber auch Veränderungen wie die Verdrängung, Verlagerung und Vermischung, bei denen aus verschiedenen Stoffen ein neuer entstehen könnte. Dass die Erde sich selbst, durch äußere Einflüsse wie das Wetter, verändern kann, bewertet Jette als sehr positiv. Sie vergleicht die Entwicklung der Erde mit der Entstehung von Erdöl, bei der sich Mikroorganismen zersetzt haben. Als wichtigen Faktor der Bodenbildung nennt sie die Zeit und verweist dabei auf die unterschiedliche Entwicklung der Schichten.
Die Mächtigkeit des Bodens macht Jette von seiner Lage und den Bedingungen abhängig. Im Gebirge würden die Steine herausragen und es würde sich nur wenig Erde zwischen den Steinen befinden. Andererseits könnte es sein, dass über den Steinen ein bis zehn Meter oder mehr Erde vorhanden ist.
Jette spricht von verschiedenen Böden, die es auf der Erde gibt. Sie unterscheidet zwischen Steinen, die auch Boden sein können, Torf und Muttererde. Die jeweilige Ausprägung käme durch unterschiedliche Bedingungen zustande, die nicht weiter spezifiziert werden.
Jette schreibt dem Boden eine große Anzahl an unterschiedlichen Funktionen zu. So nennt sie die Produktionsfunktion für die Landwirtschaft, die Lebensraumfunktion für Tiere und Pflanzen und die Funktion der Regulation des Wasserhaushaltes. Letzteres drückt sich einerseits dadurch aus, dass Sie Prozesse beschreibt, bei welchen sich Wasser im Boden sammelt, Mineralien aus dem Gestein gelöst wird und dieses Wasser dann in Mineralbrunnen zur Verfügung steht. Andererseits sagt Jette, dass die Erde nur eine bestimmte Menge an Wasser aufnehmen kann und dadurch den Wasserhaushalt regelt. Sie bedenkt auch die Erholungsfunktion, die der Boden haben kann, wenn er z.B. in einem Park noch zugänglich ist und darauf Gras und Pflanzen wachsen. Weiterhin wird Boden als Fläche für Gewerbeflächen und Siedlungen benötigt, hat aber auch eine archäologische Funktion, da man in ihm Schätze von früher lebenden Menschen finden kann.

Veränderungen
Jette nennt natürliche Veränderungen im Boden, wie sie bereits bei der Bodenbildung beschrieben wurden, aber auch Veränderungen, bei denen der Mensch eine große Rolle spielt. Diese Veränderungen sind stark mit der Nutzung des Bodens durch den Menschen als Produktions- oder Baufläche, aber auch durch Umweltverschmutzung verbunden.
Als Ursachen für die Umweltverschmutzung nennt Jette Chemie, die in der Lebensmittelbranche eingesetzt wird, um Produkte besser, schneller oder günstiger zu machen, Abwässer von Fabriken oder Mittel, die Bauern auf dem Feld zum besseren Wachstum der Pflanzen spritzen. Einzelne Stoffe kann sie nicht nennen. Als Belastungspfade sieht sie einen Kreislauf. Abwässer aus dem Fluss würden auch in die Erde gelangen. Sie kann sich vorstellen, dass einige der Zusätze unterschiedliche Wirkung zeigen, dass sie einerseits Pflanzen schnell wachsen und gut aussehen lassen, andererseits aber wirklich schlecht sind und durch den Boden ins Grundwasser sickern. Wenn diese Stoffe im Kreislauf wären, würden sich die Pflanzen davon ernähren und die Menschen könnten diese Stoffe entweder direkt über die Pflanzen oder indirekt über den Fleischkonsum aufnehmen. Wenn es sich um giftige Stoffe handeln würde, würden sich diese nicht gut auf den menschlichen Körper auswirken. Jette spricht von einem schlechten Kreislauf. Als Beispiel führt sie Lebensmittelvergiftungen an (Abbildung 22):

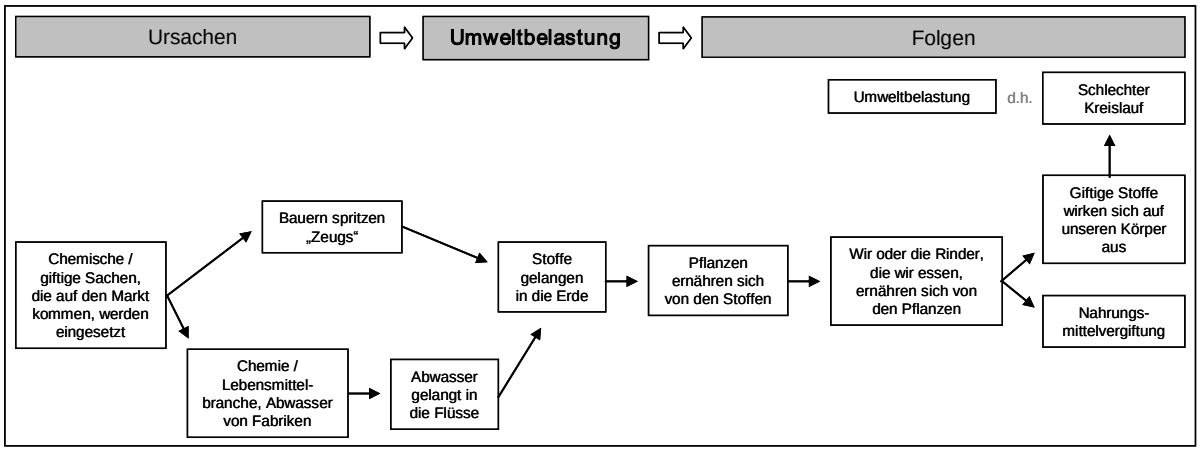

Abbildung 22: SLT – Jette: Umweltbelastungen

Jette sieht den wachsenden Bedarf der Menschen an Flächen, und folglich die Erweiterung von Dörfern und Einkaufszentren, als problematisch an (Abbildung 23). Erde wäre zwar unter der Betonschicht noch vorhanden, wäre aber abgeschlossen und nicht mehr offensichtlich. Anbaugebiete für Nahrungsmittel würden schrumpfen. Jette könnte sich auch vorstellen, dass die Luft im Extremfall der Bebauung anders würde, da die Erde für den Luftaustausch wichtig ist. Sie begründet auch diese Vorstellungen damit, dass alles ein Kreislauf ist. Jette kann sich aber auch vorstellen, dass der Trend dahin geht, die Bedeutung von Erde offensichtlicher zu machen und zu sehen, wie wichtig Erde für den Menschen ist. Vielleicht würden sich die Menschen irgendwann gegen die weitere Bebauung wehren. Sie kann sich nicht vorstellen, dass die Bebauung immer schlimmer wird und gibt zu bedenken, dass es kaum eine Großstadt ohne Park gibt.

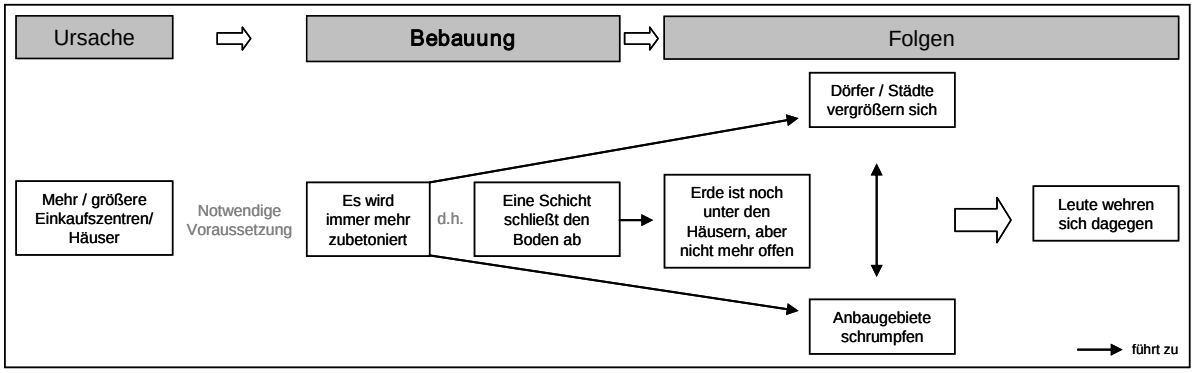

Abbildung 23: SLT – Jette: Bebauung

Jette hat Schwierigkeiten, sich das Phänomen der Wassererosion auf dem Foto zu erklären (*Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser)*(Abbildung 24*)*. Sie zieht verschiedene Erklärungen in Erwägung. Sie meint, dass solche Risse entstehen, wenn tiefer im Boden etwas passiert, präzisiert diese Vorstellung aber nicht weiter. Außerdem zieht sie den Frost in Erwägung, der für Frostbrüche ursächlich ist, kann sich aber diese großen *„Risse“* (683) nicht dadurch erklären. Diese Möglichkeit entfällt dann auch bei der Struktur-Lege-Technik. Am wahrscheinlichsten hält sie den Einfluss von zu viel Wasser, da ihr der Riss fast wie ein kleiner Bach vorkommt. Es könnte sein, dass die Erde nicht so viel Wasser aufnehmen kann, dass das Wasser auf der Oberfläche stehen bleibt und es zu Hochwasser kommt. Jette gibt aber zu bedenken, dass wenn ein Feld so bricht, vorher schon etwas nicht in Ordnung gewesen sein kann. Sie glaubt, dass vielleicht das Pflanzenwachstum beeinträchtigt werden könnte. Weiterhin vergleicht sie den Riss im Feld mit einer Wunde, die aufgerissen ist. An dieser Stelle könnten äußere Einflüsse, die schlecht für den Boden sind, eindringen. Jette zieht eine Regeneration des Feldes in Betracht, geht darauf aber nicht genauer ein.
Die Fotoserie zur Nagelmethode interpretiert Jette so, dass die Erde es alleine schafft den Nagel durch Bewegung und Veränderung der Schichten wieder herauszudrücken (Abbildung 25). Sie sagt zwar, dass dies durch die Witterung bzw. im Verlauf der Jahreszeiten geschehen kann, formuliert den Pro-

zess aber so, dass der Nagel mal *„gedrückt und wieder losgelassen“* (773) und dieser durch die Reibung nach oben geschoben wird.

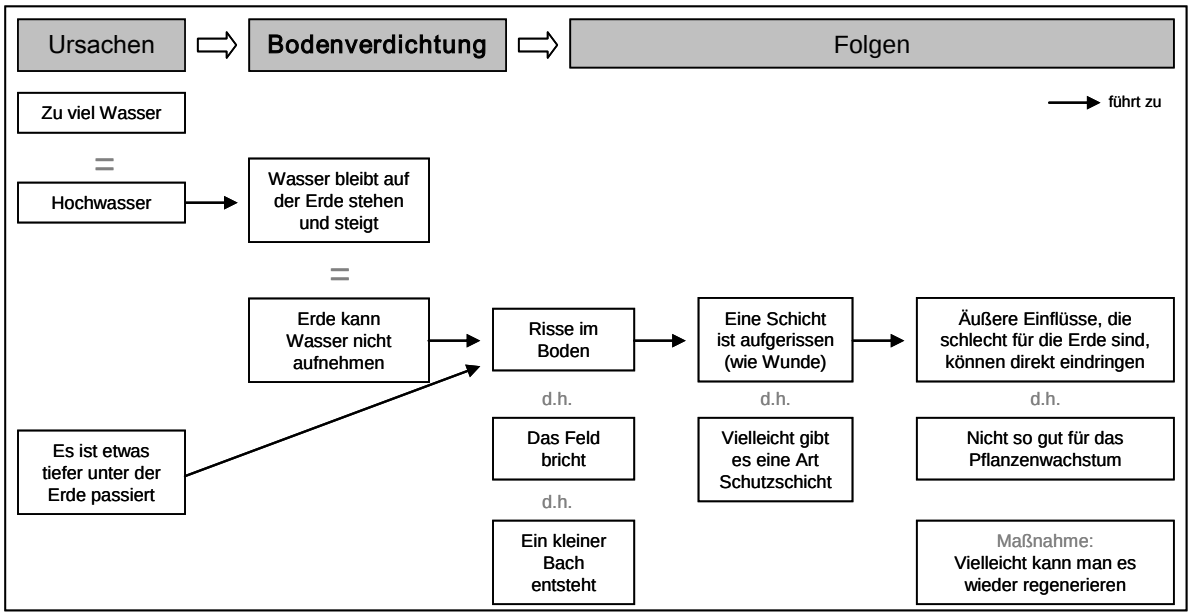

Abbildung 24: SLT – Jette: Wassererosion

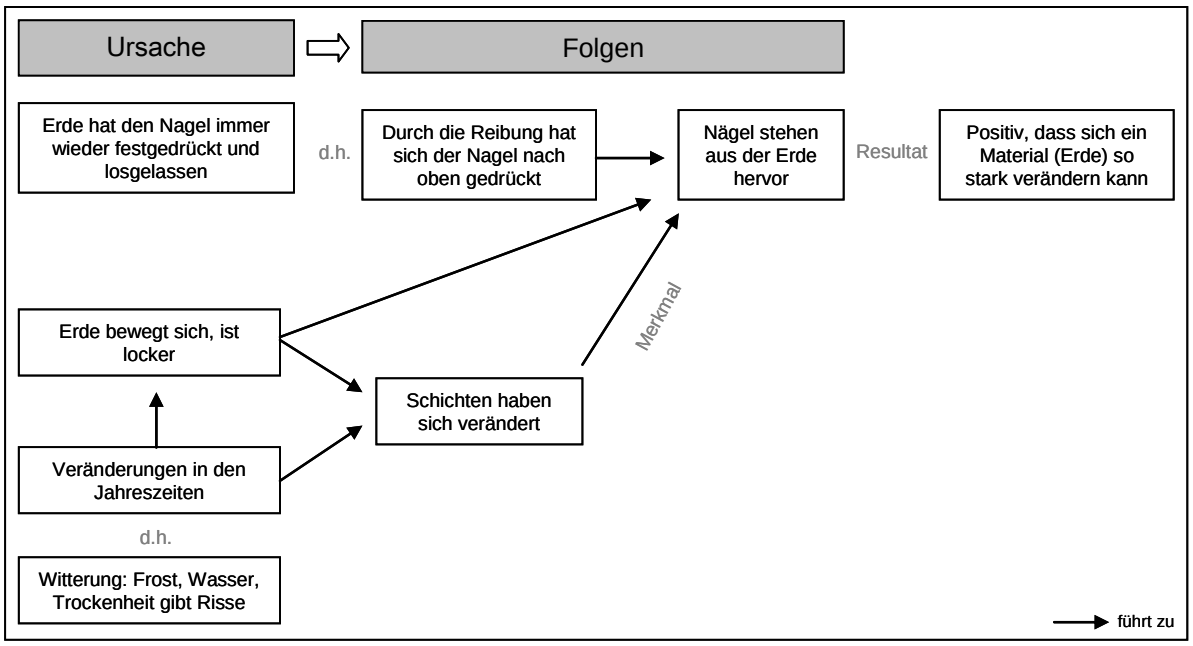

Abbildung 25: SLT – Jette: Nagelmethode

Wind kann Erde verändern (Abbildung 26). Jette beschreibt sowohl die Abtragung der obersten Schichten als auch eine mögliche Ablagerung von Material. Der Wind könnte, z.B. in der Wüste, vor allem trockene und krümelige Erde abtragen und dabei feine Sand- oder Erdkörner über die Fläche blasen. Da feuchte Erde mehr zusammenhängt, könnte der Wind diese nicht so gut transportieren. Jette spricht dem Wind sogar die Fähigkeit zu, im Gebirge große Steinbrocken in Bewegung zu setzen.

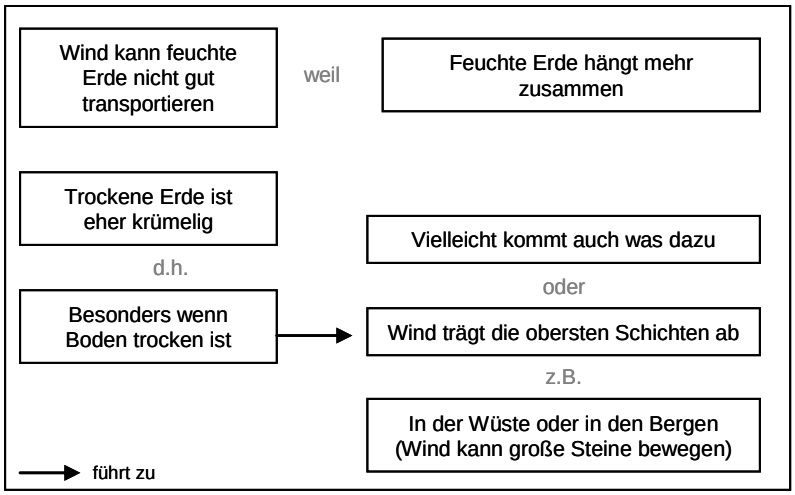

Abbildung 26: SLT – Jette: Winderosion

Das Phänomen, dass Wasser in den Reifenspuren steht, erklärt Jette sich damit, dass Regen sich auf dem Acker, auf dem im Winter nichts wächst, sammelt. Ein Teil des Wassers fließt noch in die Erde (*Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung*). Wenn aber die Stellen zwischen den Bodenteilchen besetzt sind, könnte das Wasser nicht mehr eindringen und würde auf der Erde stehen bleiben. Allgemein geht sie davon aus, dass ein Teil des Wassers ins Grundwasser und der andere Teil dann oberirdisch in einen Graben und dann in einen Fluss fließt. Sie stellt sich vor, dass so der Wasserhaushalt geregelt wird und es beabsichtigt ist, dass die Erde nicht mehr Wasser aufnehmen kann, da zu nasser Boden auch für die Pflanzen nicht gut wäre. Als Folge des oberflächlichen Abflusses sieht sie die Hochwassergefahr (Abbildung 27).

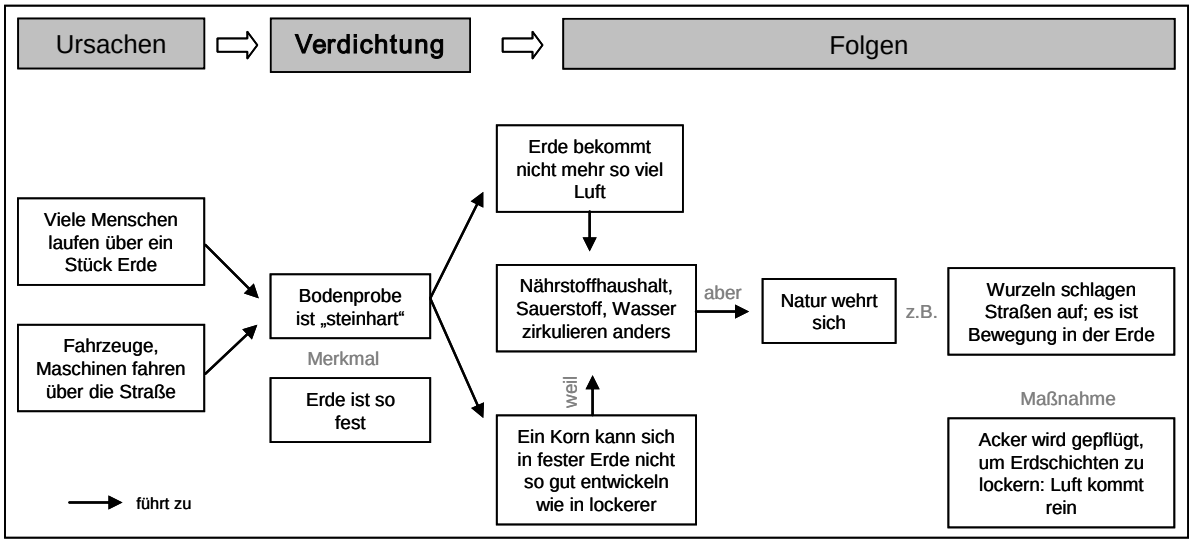

Abbildung 27: SLT – Jette: Bodenverdichtung I

Das Phänomen, dass Boden ganz fest bzw. „steinhart“ ist, erklärt Jette sich damit, dass viele Menschen über ein Stück Erde laufen oder Maschinen und Fahrzeuge darüber fahren (Abbildung 28). Daraus folgend bekommt die Erde nicht mehr genug Luft. Ein Korn könnte sich in dieser festen Erde nicht so gut entwickeln, weil der Nährstoffhaushalt, Sauerstoff und Wasser anders zirkulieren würden. Jette kann sich aber nicht so gut vorstellen, dass Boden so hart ist, da die Bauern den Acker ja pflügen, um die Erdschichten zu lockern und Luft rein zu bekommen. Außerdem vergleicht sie die Verdichtung mit dem Aufbringen einer Betonschicht, durch welche Wurzeln dringen und Pflanzen wachsen können.

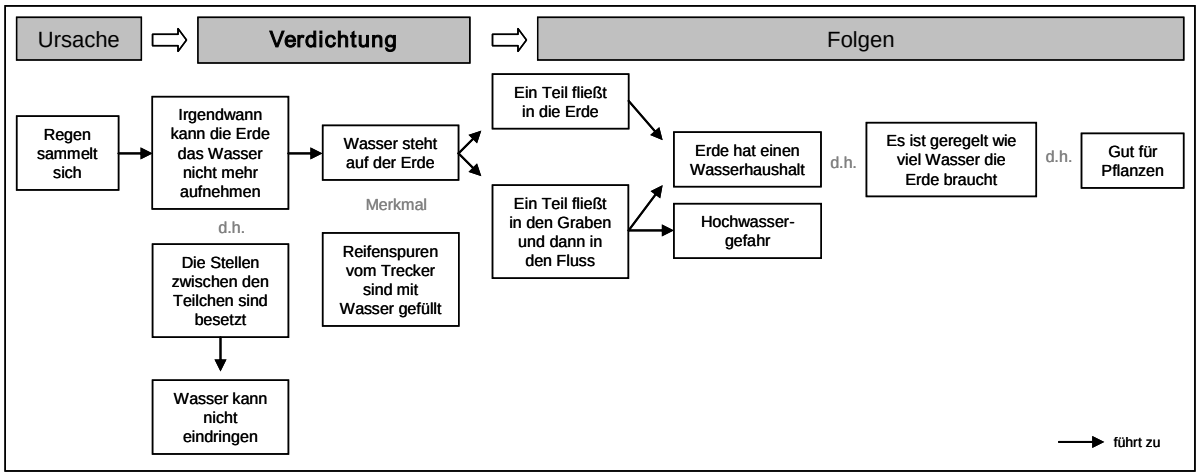

Abbildung 28: SLT – Jette: Bodenverdichtung II

Als Ursache für saure Waldböden nennt Jette den sauren Regen (*Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I); Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I*) (Abbildung 29). Dieser würde durch die Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft entstehen. Auch Salpetersäure bringt sie mit dem sauren Regen in Verbindung. Sauer bedeutet für Jette dabei ein pH-Wert unter 7. Sie bindet den Weg der Versauerung an den Wasserkreislauf an. Wasser würde durch Verdunstung in den Kreislauf gelangen, sich in der Atmosphäre sammeln. Es käme zur Wolkenbildung und zum Regen. Jette geht davon aus, dass die Chemie den Boden verändert. Sie ist sich aber nicht sicher, ob die Versauerung nun gut oder schlecht für den Boden ist. Einerseits könnte es nützlich sein, wenn die Erde sauer ist. Sie spricht von einer Schutzschicht, die der Boden hat und vergleicht diese mit dem Säureschutzmantel unserer Haut. Jette geht sehr stark auf die ihr dargebotenen Materialien ein und vergleicht die im Diagramm dargestellten pH-Werte eines Bodens von 1980 und 2000 mit der pH-Wert-Skala. Auf dieser sind die pH-Werte verschiedener Flüssigkeiten abgebildet. Vor allem die pH-Wert-Skala bringt Jette, in ihrer Bewertung der Bodenversauerung, völlig durcheinander. Sie nimmt ihre Beurteilung in Bezug auf den Menschen vor, was für den Menschen gesund wäre oder nicht. Die Übertragung auf den Boden gelingt ihr nicht. Dann weicht sie etwas von diesem Gedankengang ab und überlegt, ob es nicht auch möglich wäre, dass die Tiere vielleicht mit einem so niedrigen pH-Wert (von 4) nicht zurecht kommen. Sie kommt aber immer wieder auf die Bewertung der pH-Werte z.B. von Batteriesäure oder Magensaft zurück. Sie bemerkt, dass diese Sachverhalte sie sehr irritieren und legt sich nicht fest, welche Auswirkungen eine Versauerung des Bodens haben könnte. Jette nennt Kalk als mögliche Maßnahme gegen die Versauerung.

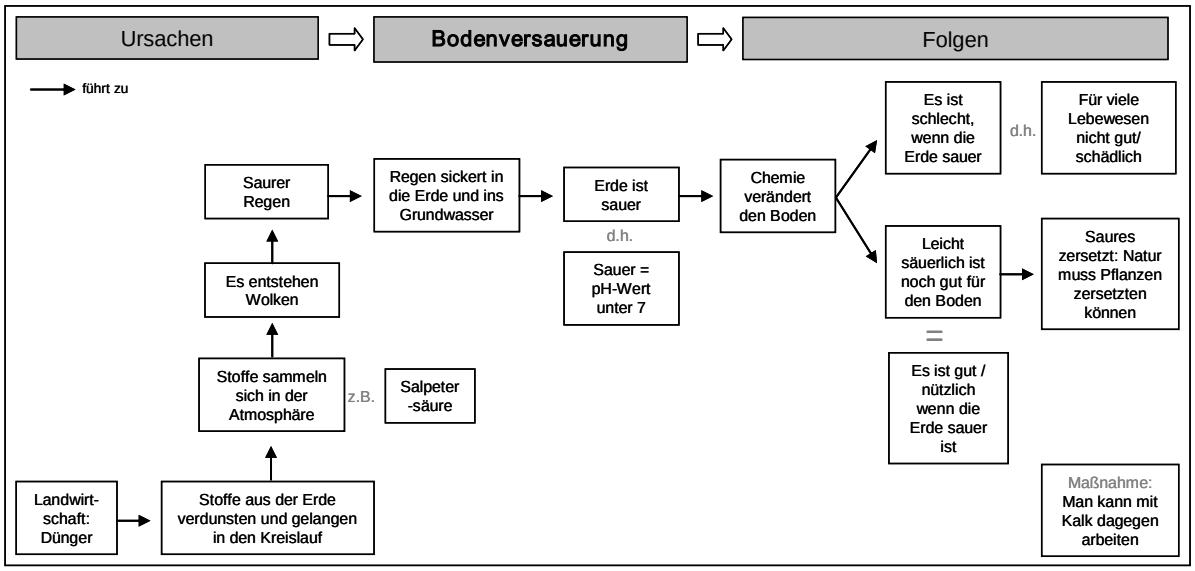

Abbildung 29: SLT – Jette: Versauerung

Jettes Vorstellungen sind insgesamt stark von einem vorhandenen natürlichen Gleichgewicht geprägt. Aussagen diesbezüglich sind im gesamten Interview zu finden. In Bezug auf die Zersetzung sagt sie, dass ein Teil des organischen Materials verschwindet und in die Atmosphäre gelangt, Sie spricht davon, dass sich das durch die Natur ausgleicht. In einer anderen Textstelle spricht sie davon, dass es beabsichtigt ist, dass die Erde nicht so viel Wasser aufnehmen kann und dass das geregelt ist. Außerdem redet sie im Interview immer wieder von Kreisläufen.

Bedeutung von Begriffen

Unter *Erosion* versteht Jette eine Veränderung des Bodens, wenn der Boden trockener und nicht mehr so nährstoffreich ist. Sie verbindet auch den Abtrag von Schichten durch den Wind mit diesem Begriff. *Verdichtung* ist für Jette eine Veränderung des Bodens bzw. von den im Boden vorhandenen Elementen. Der Boden verdichtet sich mit Nährstoffen, es kommen mehr Nährstoffe oder Wasser hinzu. Eine weitere Bedeutung könnte die Verdichtung des Materials sein: der Boden wird härter und die Moleküle gehen mehr zusammen. Die Bedeutung wird während des Interviews vom Begriff abgeleitet, der vorher nicht bekannt war. Den Begriff *Bodenversauerung* kann Jette nicht weiter definieren, sie stellt sich vor, dass irgendwelche Prozesse im Boden ablaufen.

Sprachliche Aspekte

Die Begriffe Boden und Erde werden von Jette einmal als Oberfläche und das andere Mal als Material klar voneinander abgegrenzt. Im Verlauf des Interviews geht die Verwendung der Begriffe aber wieder durcheinander. Beide werden teilweise als Synonym benutzt.

Jettes Beschreibungen sind sehr stark von der Alltagswelt geprägt. Sie weist den, in der Fachwissenschaft oder auch im lexikalischen Sprachgebrauch, recht eindeutig besetzten Begriffen andere, wortwörtliche Bedeutungen zu. So spricht sie z.B. von Bodenschätzen und meint damit archäologische Fundstücke wie alte Münzen, Vasen etc. Oder Sie versteht unter einer Lebensmittelvergiftung die Einlagerung giftiger Stoffe aus dem Boden in die Pflanzen. Muttererde steht als Mutter für die Lebewesen, Evolution wird als Synonym für Entwicklung gebraucht. Jettes Aussagen sind selten sachlich nüchtern, häufig emotional eingefärbt und stark wertend. Sie spricht von *„schöner feuchter Erde*“ und *„schönen Steinen“* (53,78), die man finden könnte, die *„irgendwie besonders“* (81) aussehen. Bei Jette gibt es auch *„schlechte Kreisläufe“* (502) oder *„schlechten Boden*“ (843). Bei letzteren ist die Grundlage der Bewertung aber nicht festzustellen.

Jette personifiziert die Natur bzw. den Boden oder Stoffe im Boden und beschreibt Prozesse als aktive Handlungen derselben. Sie spricht z.B. von Erde als Material, das sich, zwar durch äußere Einflüsse, selbst verändern kann oder dass die Erde es alleine schafft den Nagel aus sich herauszubekommen. Ein weiteres Beispiel ist, *„dass die Erde das (Wasser) irgendwann nicht mehr schlucken kann“* (1071 f.). Weitere Beispiele sind, *„dass sich die Natur so ein bisschen dagegen wehrt.“* (1157 f.) *oder „dass die Erde ohne Sauerstoff nicht so richtig leben könnte“* (901). Sie weist dem Boden auch Eigenschaften zu, wie sie von Menschen oder Tieren bekannt sind. So sagt sie, dass die Gesundheit der Erde auch wichtig ist oder dass der eine Boden einen gesünderen Eindruck macht. Sie stellt Analogien zwischen Boden und Mensch her und redet von einer Schutzschicht, die der Boden hat, im Vergleich zu dem Säureschutzmantel unserer Haut, und wenn diese aufreißt, könnten äußere Einflüsse eindringen.

Herkunft der Vorstellungen

Jettes Vorstellungen stammen aus verschiedenen Quellen. Alltägliche Erfahrungen sind sehr vielfältig und prägen Jettes Vorstellungen enorm. So lässt sie ihre Erfahrungen immer wieder im Interview einfließen. Diese reichen vom Spielen mit / in der Erde im Kindergarten über Steine sammeln, Gartenarbeit, Spaziergänge, Spielen auf dem Bauernhof / Rasen. Diese Erfahrungen prägen vor allem die Vorstellungen über das Vorkommen, die Merkmale (wie Geruch und Farbe) und die Bestandteile aber auch die Funktionen des Bodens. Ebenso ist das Bild der Bodenverdichtung aus der Landwirtschaft bekannt. Zusätzlich vergleicht Jette Merkmale und Eigenschaften des Bodens mit Situationen aus dem Alltag. So vergleicht sie trockene und feuchte Erde mit dem Teig beim Plätzchenbacken. Wenn dieser noch feucht und nicht gebacken ist, ist er klebriger als wenn er schon gebacken und trocken ist und krümelt. Die festgedrückte Bodenprobe vergleicht Jette mit getrocknetem Kaffeesatz. Andere Vorstellungen sind durch den Erdkunde-, Biologie- und Chemieunterricht geprägt. Die Unterteilung des Bodens in Bodenschichten und Erosion verbindet sie mit dem Erdkundeunterricht, die pH-Wert-Tabelle

und die Bestandteile der Luft mit dem Chemie- und Biologieunterricht. Saurer Regen wurde ebenfalls in der Schule besprochen.

Widersprüche, Brüche, Probleme, Interessen

Jette ist am gesamten Themenbereich Boden sehr interessiert (u.a. Steine sammeln, Archäologie und Lebewesen im Boden). Ein Schwerpunkt ihres Interesses liegt in der Bedeutung des Bodens für den Menschen, in der Gefährdung und den Risiken für den Boden und im Schutz desselben. Weiterhin findet sie die Prozesse und die Entwicklung des Bodens über Millionen von Jahren beeindruckend. Jette nimmt alle ihr dargebotenen Materialien gerne an und neigt zu einer Überinterpretation derselben. Die vier Fotos zur Nagelmethode werden gleich mit den vier Jahreszeiten verbunden. Schwieriger ist es bei der pH-Wert-Tabelle, die nur zur Orientierung dienen sollte. Jette bezieht sich aber in der Bewertung des Boden-pH-Wertes immer wieder auf diese Tabelle und vergleicht die dargestellten Flüssigkeiten und deren Wirkung auf den Menschen mit Wirkungen unterschiedlicher pH-Werte für den Boden. Da einige saure Flüssigkeiten für den Menschen schädlich, andere dagegen nützlich oder gesund sind, fällt Jette auch die Bewertung unterschiedlicher pH-Werte für den Boden schwer. Sie legt sich in ihrer Bewertung nicht fest. Gut ist, dass Jette diese immanenten Widersprüche bewusst sind und sie sehr an einer Lösung dieses Problems interessiert ist. Im Allgemeinen sucht Jette immer wieder Analogien zum Menschen. So spricht sie von einer Schutzschicht des Bodens, der unserem Säureschutzmantel der Haut ähnlich ist. Hier könnte ein saures Milieu nützlich sein. Diese Schutzschicht kann auch äußere Einflüsse abhalten, sofern sie nicht beschädigt ist. Diese Vorstellung kann sich im Unterricht als äußerst problematisch erweisen, denn daraus ließe sich folgern, dass eine intakte Schutzschicht des Bodens äußere Einflüsse abwehren könnte. Ein weiterer Widerspruch liegt in der Formulierung von Prozessen. Einerseits sagt Jette, dass der Boden es alleine schafft den Nagel aus sich hinaus zu bekommen, andererseits geschieht dies durch äußere Einflüsse wie das Wetter. Schwierig ist auch die Personifizierung des Bodens. Ihm werden Eigenschaften zugeschrieben wie dem Menschen. *„Die Gesundheit der Erde ist wichtig“* (645) oder der eine Boden mache einen *„gesünderen Eindruck“* (1182) als ein anderer. Diese Vorstellung geht von einem Idealzustand in der Natur aus, der bewahrt werden müsste, aber gestört werden könnte.

Jette Einzelstrukturierung

Konzepte zum Boden

Begriffe

Boden als Fläche: als Hauptbegriff für Boden als Fläche, Grundfläche, Fußboden, Boden zum Beackern/Bebauen.

Erde:

- als Globus.
- *Material:* ist richtiges Material, dunkler Sand.

Muttererde: ist die obere Schicht der Erde. Sie ist durch einen eigenen Geruch und schwarze Farbe gekennzeichnet.
Synonym: Muttererde und Erde werden oft als Synonym gebraucht.

Merkmale

Lebendig: Erde beinhaltet Leben, ist lebendig, in Bewegung.
Geruch: Erde hat verschiedene Gerüche.
Dreckig: Erde wird mit dreckig assoziiert.
Locker: Erde ist kein Klumpen sondern locker mit mehreren Molekülen aufeinander.
Veränderbar: Erde kann sich selbst durch äußere Einflüsse verändern.
Schutzschicht: Erde besitzt eine Schutzschicht. Wenn diese aufreißt, können schädliche Einflüsse von außen eindringen.

Mächtigkeit

Variationen: Die Mächtigkeit des Bodens ist abhängig von Lage und Bedingungen. Sie variiert von einer geringen Bedeckung zwischen Steinen im Gebirge bis zur Bedeckung von ein bis zehn oder mehr Metern über dem Gestein.

Vorkommen/Vielfalt

Verschiedene Böden: Unterscheidung zwischen Steinen, Muttererde und Torf.
Einfluss verschiedener Bedingungen: Die verschiedenen Böden kommen durch unterschiedliche Bedingungen zustande.

Bodenbestandteile

Anorganische Bestandteile: Im Boden sind Sand, Steinchen, Steine, chemische Stoffe, Elemente, Salze, Wasser

Lebende Organismen: Im Boden sind Tiere (Regenwürmer, Insekten, Käfer), Wurzeln

Organische Bestandteile: Im Boden sind Stoffe, die bei der Zersetzung von Pflanzen entstehen.

Ablagerungen: Im Boden sind Ablagerungen.

Boden Aufbau

Schichten: Boden ist in verschiedene Schichten aufgebaut

Gesteinsschichten unter der Erde: Unter der Erde kommen verschiedene Gesteinsschichten z.B. eine Kalkschicht.

Unterirdische Seen und Höhlen: Unter der Erde und den Gesteinsschichten können auch unterirdische Seen und Höhlen mit Stalagmiten und Stalaktiten vorkommen.

Geologische Schichten: Die Gesteinsschichten sind sehr alt. Jedes Zeitalter hat seine bestimmte Schicht.

Geologisches Prinzip: Tiefer liegende Schichten sind älter als oben liegende.

Bodenschätze: In den verschiedenen Schichten können Bodenschätze wie alte Münzen, Vasen, Teller vorkommen.

Unterschiede in den Schichten: Schichten unterscheiden sich durch das Material und die Entstehungszeit.

Bodenentstehung

? Entstehung der Schichten: Die Schichten haben sich übereinander gelagert.

~~*Erde wird dicker*: Wenn sich die Schichten übereinander gelagert haben, müsste die Erde immer dicker werden.~~

~~*Ozeane wachsen*: Wenn die Erde immer dicker wird müssten die Ozeane mitwachsen.~~

Zersetzung: Bestimmte Stoffe, Tiere, kleine Pflanzenteile zersetzen sich durch einen langen, chemische Prozesse in der Erde.

Reiner Stoff: Am Ende der Zersetzung entsteht ein reiner Stoff.

Vergleich mit Erdölentstehung: Die Entstehung der Erde ist ähnlich der Entstehung von Erdöl, bei der sich Mikroorganismen zersetzt haben.

Stoffe verschwinden: Durch chemische Prozesse verschwindet ein Teil des Materials und gelangt in die Atmosphäre.

Veränderungen: Im Boden finden Veränderungen wie Verdrängung, Verlagerung und Vermischung statt.

Vermischung: Aus verschiedenen Stoffen kann ein neuer entstehen.

Wetter: Erde verändert sich durch das Wetter.

Zeit: Boden ist in verschiedenen Schichten aufgeteilt, die im Laufe der Zeit entstanden sind.

Bodenfunktionen

Produktionsfunktion: Bauern bauen Getreide an.
Lebensraumfunktion: Gras wächst dort, Regenwürmer leben in der Erde.

Regulationsfunktion: Regulation des Wasserhaushaltes. Wasser sammelt sich im Boden, löst Mineralien aus dem Gestein und steht dann in Mineralbrunnen zur Verfügung. Erde kann nur einen bestimmten Anteil an Wasser aufnehmen.
Erholungsfunktion: Kinder spielen gerne mit „Dreck“ oder bauen Sandburgen. Erde ist in Parks in den Städten noch zugänglich.
Trägerfunktion: Unsere Häuser werden darauf gebaut. Flächen werden für Gewerbeflächen oder Siedlungen gebraucht.
Informationsfunktion: Im Boden kann man Schätze von Menschen, die früher einmal gelebt haben, finden.

Veränderungen im Boden

Natürliche Veränderungen: Beschrieben bei der Bodenentwicklung.

Anthropogene Veränderungen: Durch den Menschen bedingte Veränderungen: Nutzung des Bodens als Produktions- oder Baufläche oder durch Umweltverschmutzungen.

Konzepte zur Bodenzerstörung

Umweltverschmutzung

Ursachen

- Abwässer: Abwässer von Fabriken.
- Giftige Stoffe: Einsatz von Chemie zur Verbesserung von Produkten in der Lebensmittelbranche.
- Düngung: Mittel werden zum besseren Wachstum der Pflanzen auf dem Feld gespritzt.

Schlechter Kreislauf: Wenn Abwässer im Fluss sind, lösen sich diese und gelangen in die Erde. Giftige Stoffe gelangen durch das Spritzen in den Boden und dann ins Grundwasser. Pflanzen ernähren sich vom Boden und den Stoffen, die im Grundwasser gelöst sind. Menschen nehmen diese Stoffe entweder direkt über die Pflanzen oder indirekt über die Tiere auf. Die durch Pflanzen aufgenommenen Stoffe sind nicht gut für den menschlichen Körper.

Begründung giftiger Zusätze beim Pflanzenanbau: Bestimmte Stoffe lassen Pflanzen zwar schnell wachsen und gut aussehen, damit der Bauer seine Gewinne davon hat, diese sind aber nicht gut, sondern richtig giftig.

Bebauung

Erde wird zubetoniert: Die Leute betonieren alles zu und irgendwann gibt es zu wenig Erde.

Wachstum der Siedlungen: Dörfer und Städte werden immer größer. Es gibt mehr Neubaugebiete.

Steigender Flächenbedarf: Viele Leute wollen immer größere Einkaufszentren, größere Häuser und Wohnmöglichkeiten.

Erde unter Abschluss: Die Erde ist unter der Betonschicht noch vorhanden, ist aber abgeschlossen und nicht mehr offensichtlich.

Anbaufläche schrumpft: Das Gebiet in dem man anbauen kann schrumpft.

Veränderung der Luft: Die Luft verändert sich, weil der Boden auch für den Luftaustausch wichtig ist.

Trendwende: Menschen wehren sich irgendwann gegen die Bebauung. Es gibt kaum eine Stadt ohne einen Park.

Wassererosion

*Mögliche **Ursachen** für den Riss*

- Tiefer im Boden passiert etwas.
- ~~*Frostbrüche:* Frost verursacht Risse~~. Dieser Riss ist zu groß.
- *Kleiner Bach*: Zu viel Wasser kann vom Boden nicht aufgenommen werden. Wasser bleibt stehen und es kommt zu Hochwasser.

Voraussetzung: Vorher muss mit dem Feld was nicht in Ordnung gewesen sein, sonst bricht es nicht einfach.

Folgen

- *Hochwasser*: Wasser bleibt auf dem Feld stehen und steigt und steigt, deshalb ist Hochwasser so gefährlich.
- *Beeinträchtigung Pflanzenwachstum*: Vielleicht könnte das für die Pflanzen nicht ganz so gut sein.
- *Wunde*: Die Erde hat eine Art Schutzschicht, die wie bei einer Wunde aufgerissen wird. Äußere Einflüsse, die schlecht für die Erde sind, können direkt hinein gelangen.

Nagelmethode

Erde bewegt sich: Erde schafft es alleine den Nagel aus sich heraus zu bekommen. Das ist darauf zurückzuführen, dass Erde sich bewegt und vielleicht auch darauf, dass sich die Schichten verändert haben.

Witterung verändert Boden: Die Witterung verändert sich in den Jahreszeiten. Mal war es frostig, dann taut es wieder. Dadurch wird der Nagel mal gedrückt und wieder losgelassen. Durch die Reibung wird der Nagel nach oben geschoben, weil sich die Erde selbst die ganze Zeit verändert hat.

Bedeutung des Windes für den Boden / Winderosion

Veränderung: Wind kann die Erde verändern.

Abtragung: Wind trägt v. a. trockene und krümelige Erde ab und bläst Sand- und Erdkörner über die Fläche.

Ablagerung: Wind trägt Erde ab, vielleicht kommt aber auch was dazu.

Bedingungen

Feuchtigkeit: Erde wird, besonders wenn es trocken ist, abgetragen. Feuchte Erde kann der Wind nicht so gut transportieren, da klebt es mehr zusammen.

Wind bewegt Steinbrocken: Oben in den Bergen kann der Wind auch richtige Steinbrocken in Bewegung setzen.

Begriff Bodenerosion

Veränderung: Boden verändert sich. Boden wird trockener und nährstoffärmer.

Abtragung: Wind fegt über den Boden und trägt die Schichten ab.

Bodenverdichtung

Foto Bodenverdichtung

Ursachen

Aufnahmekapazität: Wasser fließt noch in den Boden, wenn die Stellen zwischen den Bodenteilchen besetzt sind, kann das Wasser nicht mehr eindringen. Wasser bleibt auf dem Boden stehen.

Geteilter Abfluss: Ein Teil des Wassers fließt ins Grundwasser, ein anderer Teil oberflächlich in den Graben und dann in den Fluss.

Wasserhaushalt: Es ist beabsichtigt, dass die Erde nicht so viel Wasser aufnehmen kann, weil zu nasser Boden nicht gut für die Pflanzen ist.

Folgen

Hochwassergefahr: Wenn zu viel Wasser da ist, ist Hochwassergefahr. Das Wasser sammelt sich, fließt in den Graben, dann in den Fluss, dann in die Ems und dann haben wir schnell wieder Hochwasser.

Bodenprobe festgedrückt

Betreten/Befahren: Viele Menschen laufen über ein Stück Erde oder Maschinen und Fahrzeuge fahren darüber (auch auf einer Straße). Dadurch wird die Erde so fest.

Folgen

Luftzufuhr: Die Erde bekommt nicht mehr genug Luft.

Pflanzenentwicklung: Ein Korn würde sich in der lockeren Erde besser entwickeln als in der fest gepressten Erde.

Veränderung des Nährstoffhaushaltes: Wasser und Sauerstoff zirkulieren in festem Boden anders, dafür muss das locker sein.

Verdichtung nicht vorstellbar: Acker wird gepflügt um den Boden zu lockern und wieder Luft rein zu bekommen.

~~*Natur wehrt sich*: Wurzeln schlagen Straßen auf.~~

Bewegung: Natur wehrt sich nicht, aber da ist Bewegung drin, sonst würden die Pflanzen das gar nicht schaffen.

Begriff Bodenverdichtung

Verdichtung mit Nährstoffen: Boden verdichtet sich mit Nährstoffen, wird nährstoffreicher. Veränderung von den Elementen her.

Verdichtung vom Material: Boden wird härter, Moleküle untereinander gehen mehr zusammen, eine typische Verdichtung vom Material her.

Bodenversauerung

Ursachen

Saurer Regen: Saurer Regen entsteht durch Dünger aus der Landwirtschaft.
Bodenversauerung: Saure Böden entstehen durch den sauren Regen.
pH-Wert: Sauer heißt, dass der pH-Wert unter sieben ist.

Belastungspfad

Wasserkreislauf: Regen sickert in die Erde und der niedrige pH-Wert kommt zu Stande. Durch Verdunstung gelangt es wieder in den Kreislauf, sammelt sich in der Atmosphäre, Wolken entstehen und es regnet.

Beurteilung

? Sauer ist nützlich:

- *Schutzschicht*: Wir haben unseren Säureschutzmantel auf der Haut. Vielleicht hat der Boden auch eine Schutzschicht, und wenn die Erde sauer ist, kann das auch gut für die Erde sein.
- *Zersetzung*: Leicht säuerlich ist positiv, damit die Erde Pflanzen und alles umsetzen kann.

? Sauer ist schlecht:

- *Veränderung*: Wenn die Erde sauer ist, verändert sich schon wieder was.
- *Einfluss auf Tiere*: Für viele Lebewesen / Tiere ist das nicht gut, wenn der pH-Wert so niedrig ist.

? Bezug Mensch: leicht säuerlich, 6,5, das ist wie menschliches Urin oder Milch, also Dinge, die wir täglich produzieren und trinken, das ist noch gut für die Erde. Essig und Zitronensaft haben den gleichen pH-Wert. Zitronensaft ist eigentlich nicht schädlich für den Menschen, aber vielleicht für die Tiere.

Bezug Milch: Von Milch zu saurer Milch weiß man, dass Milch dann nicht mehr gut ist.
Irritation: Chemie verändert den Boden. Das eine ist gut, das andere ist schlecht. Ich kann das nicht so genau einordnen, welche Auswirkungen das für den Boden hat.
Maßnahme Kalkung: Man hat mit Kalk gegen die Versauerung gearbeitet.
Begriff Bodenversauerung: Es finden irgendwelche Prozesse im Boden statt.

Interview 7: Alita (16 Jahre alt)

Alita – Redigierte Aussage

(10-21)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2
Beides ist Erde. Das hier ist eher Blumenerde (P2). Das ist Erde vom Weg, was eher frei in der Natur (Wald) ist, was man nicht kauft (P1).

(22-59)
Einmal denkt man bei dem Wort Erde an die Welt und sonst an fruchtbaren Boden. Ein Boden ist was, worauf man stehen kann, das was unten ist. Boden ist nicht nur in der Natur, sondern hier (im Raum) ist auch ein Boden, der ist ziemlich gleichmäßig. In der Natur (draußen) gibt es auch Straßen, aber es gibt da auch noch Wege, wo nur Erde oder Steine sind. Ich finde, wenn man spazieren geht, merkt man den Unterschied ziemlich, weil sich das weicher anfühlt. Boden ist (dieses Ganze), wenn man ein ganzes Beet voll Erde hat und Erde ist was Kleines, was Einzelnes. Vielleicht sagen viele, wenn sie draußen sind, eher Erde, z.B. wenn sie was auf der Straße gefunden haben: ich habe einen Schlüssel auf der Erde gefunden und wenn sie es im Haus finden sagen sie eher Boden.

(60-80)
In einem Stück Erde mit Rasen oben drauf würde ich (ganz viele) Tiere, kleine Wurzeln und Steine (kleine Steine) finden. Die Erde selbst besteht aus Sand? Wasser ist noch in der Erde (sie ist feucht, wenn man sie ausgräbt).

(80-121)
Wenn ich auf der Erde stehe, da sind unter mir Maulwürfe und Wurzeln und das ist ein Baum bzw. das sind vom Baumstamm die Wurzeln. Und hier kleine Tiere, Insekten, Ameisen und Steine. Unter der Erde stelle ich mir Wasser vor. Von der Oberfläche bis zu dem Wasser hin sind es vielleicht drei Meter. Und dann kommt irgendwann die Erdkruste.

(121-153)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Hier unten ist ein großer Felsen und der wird hier Richtung Baum immer kleiner zu Stein. Hier sieht das so aus, als wenn die Erde beginnt. Und da drin sind noch (kleine) Steine. Die kleinen schwarzen Punkte sind vielleicht Tierchen. Man sieht die Baumwurzel und oberhalb dieser Erde sieht man noch Wiese und einen Baum und Sträucher. Die unterschiedlichen Teile kommen vielleicht durch Erdbeben oder durch Verschiebung zustande. Hier sind Steine und hier ist aber Boden. Das kommt daher, dass die Steine sich immer weiter aneinander reiben und dann kleiner werden und sich so in die Erde umwandeln.

(154-172)
Wenn man nach der Bibel geht, gibt es Boden seit dem die Welt entstanden ist. Es gibt wahrscheinlich auch irgendwelche Theorien, dass das langsam entstanden ist. Wenn mir jemand so eine Theorie sagen würde und ich die verstehen würde, dann würde ich eigentlich eher an diese Theorie glauben.

(173-196)
Wenn es den Boden nicht geben würde, dann würde man eigentlich <u>fliegen</u>, dann gäbe es keinen Grund, wo man drauf steht, keine Berge. Dann gibt es nur diese Erde, die Erdkruste. Das kann man sich dann ja vorstellen wie so ein hohler Ball. Dann kann das Wasser überall hin. Dann könnte man nur an der Erdkruste Häuser bauen und dann gäbe es auch nicht so viele Menschen, weil es nicht so viel Platz zum Leben gibt.

(197-202)
Ich kann mir <u>nicht</u> vorstellen, dass es keinen Boden gäbe.

(202-210)
Der Boden ist ziemlich wichtig für die Menschen, aber die Menschen machen sich darüber gar keine Gedanken.
Man braucht einen Untergrund (Boden), worauf man sich fest stehen kann, wo man sich hinlegen möchte.

(211-216)
Andere Lebewesen (Tieren, Pflanzen) brauchen auch Boden. Pflanzen müssen aus der Erde wachsen und Tiere brauchen was zum Stehen.

(217-241)
Boden habe ich den ganzen Tag unter den Füßen. Wenn die Schule weg wäre, dann wäre hier (in dem Raum) kein Boden. Es gibt huckeligen Boden, Pflastersteine, normalen Betonboden (Straße). Naturwege fahre ich nicht zur Schule, die kenne ich vom Urlaub, Berge, wo man draufklettern kann. Das finde ich schöner, da spazieren zu gehen.

(241-252)
In fünfzig (hundert, tausend) Jahren stelle ich mir den Boden vor, dass alles ziemlich glatt ist, dass immer mehr betoniert wird. Ich weiß nicht, ob sich da so viel verändern wird, aber ich schätze schon, dass es immer weniger Boden (Erdboden) gibt.

(253-258)
Durch mehr Straßen, Autobahnen, Häuser wird mehr zubetoniert.

(259-270)
Wir brauchen Boden, um zu leben, weil wir Pflanzen (Bäume) brauchen, weil die uns Sauerstoff geben. Und wenn es keine Erde mehr gibt, dann gibt es auch keine Bäume mehr, die können ja nicht aus der Straße (dem Beton) wachsen.

(271-290)
Müll könnte die Erde gefährden und auch Menschen wenn die da dauernd drauftrampeln, oder Hitze. Durch den Treibhauseffekt wird es ja immer wärmer, Überflutungen und sonst vielleicht irgendwelche Abgase.

(291-304)
Von den Menschen wird immer mehr Müll in die Natur geschmissen, weil es immer mehr Müll gibt, durch Plastiksachen. Früher gab es nur Brot und diese Grundnahrungsmittel und heute gibt es Joghurt, Plastikbecher. Viele Menschen haben dann keine Lust das weg zu räumen und das bleibt dann auf dem Boden.

(304-313)
Ich denke nicht, dass es die Erde schädigt, dass die Erde dadurch nicht weiterleben kann, aber irgendwann wird die zugemüllt. Dann gäbe es keine Pflanzen (nur noch kleine, keine Natur) mehr.

(314-322)
Die Menschen trampeln auf die Erde, weil manche nicht wissen was passiert, wenn man da drauf trampelt. Wenn man irgendwas gepflanzt hat, dann soll man nicht drauf treten.

(323-337)
Die Erde muss auch Sauerstoff haben und wenn die zugetrampelt ist, dann ist ja eine glatte Schicht und dann kommt vielleicht unten nicht mehr so viel dran, also nur an die Oberfläche. Aber wenn die so aufgelockert ist, dann kommt mehr Sauerstoff durch. Es gibt auch weniger Pflanzen.

(338-343)
Der Treibhauseffekt kommt zum Beispiel durch Kernkraftwerke. Und wenn es immer wärmer wird, dann trocknet die Erde aus.

(343-350)
Wenn die Erde austrocknet, dann ist die unfruchtbar und dann gibt es in der Erde kein Leben, weil alle Lebewesen Wasser brauchen.

(351-369)
Bei Überflutungen wird teilweise Erde weggespült. Bei dem Tsunami stelle ich mir vor, dass Berge oder Erde weggerissen (mitgeschwemmt) werden. Dann ist nur noch Wasser da. Ursachen sind glaube ich Erdbeben. (*sehr unsicher*)

(369-384)
Abgase könnten den Boden gefährden, weil schädliche Stoffe da sind, die das Leben in der Erde beeinflussen. Wenn direkt ein Stück Erde an der Autobahn ist, dann beeinflussen die ganzen Abgase von den Autos die Pflanzen (Tiere) und die haben nicht so eine große Wahrscheinlichkeit zu überleben oder überhaupt zu entstehen.
Die Abgase kommen von Autos oder von Fabriken.

(385-393)
Wasser ist lebensnotwendig für den Boden, da sonst kein Leben im Boden wäre. Durch das Wasser ist das auch viel stabiler (einfach fester), sonst wäre das ja mehr Sand.

(394-396)
Eine Bedeutung von Wind für den Boden weiß ich nicht.

(397-444)
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Hier sieht man ein großes Feld, aber kein bepflanztes, sondern ein brachliegendes. Es sieht ungepflegt aus. Und in der Mitte geht ein Weg (Straße) durch. Ich weiß nicht genau, wie die entsteht. Es sieht nur so aus. Für mich ist es kein Weg. Ich kann mir vorstellen, dass hier mal eine Bombe entzündet ist, aber dann müsste der Teil eigentlich auch weg sein. Die Mitte geht tiefer rein, da sieht man keinen (nicht so viel) Rasen. Hier vorne könnte man denken, dass das Wasser ist, aber weil die Tasche da steht, doch nicht. Ich finde das sieht glatter aus. Ich weiß nicht, ob so was entsteht, wenn man da mit einem schweren Fahrzeug durchfährt, aber dann müsste das zweispurig sein.

(445-468)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Das sieht aus wie Sand, weil das hell ist und hier scheint das so, als wenn es windig ist und ein bisschen Sand durch die Luft weht. Das wird aufgewirbelt. Vielleicht ist das gut, weil dann auch die unteren Sachen Sauerstoff (Luft) kriegen. Vielleicht wird es abgetragen, der Wind trägt das weg (verteilt) und das verschwindet dadurch. Das wäre nicht schlimm, außer es würde jetzt alles abgetragen, dann gäbe es ja keine Erde.

(467-477)
Das wird da abgetragen weil das nicht fest ist. Weil der Boden aus ganz vielen kleinen Einzelteilen (Sandkörnern) besteht, die nicht aneinander fest sind. Erde ist eher fest aneinander.

(477-485)
Das mit den Bäumen sieht komisch aus. Eigentlich habe ich noch nie Bäume aus Sand wachsen sehen.

(486-538)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Das sieht so aus, als wenn hier Risse entstanden sind, als man den Nagel da rein geschlagen hat. Das kann ich mir nur erklären, dass das nicht alles ganz fest zusammen ist, sondern um überhaupt einen Stein darein zu kriegen, muss das ein bisschen locker sein. Vorher bestand das aus ganz vielen kleinen Sandkörnern und das hat sich dann durch das Wasser auf die Dauer zusammen gedrückt. Ich weiß nicht, ob das durch die verschiedenen Sichten kommt, aber hier sieht es viel huckeliger aus. Der Nagel wird dunkler. Der Nagel kommt immer weiter raus. Ich dachte, das wäre extra so, dass man den Nagel raus gezogen hat. Ach so, der kam von alleine. Es kann passieren, dass sich die Erde immer weiter zusammenschiebt und dass dadurch der Nagel hoch ge-

drückt wird, weil nicht mehr genug Platz ist. Weil der für den Boden ein Fremdkörper ist. Aber warum die Erde den dann abstößt, kann ich nicht erklären.

(539-553)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): Essig hat irgendetwas mit Alkohol zu tun, zumindest Essigsäure, durch Gärungsprozesse oder durch Dünger. Aber sonst weiß ich nichts. Ich schätze mal, dass es nicht so gute Auswirkungen hat. Aber warum, weiß ich nicht.

(554-573)
Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I)*:* Das kann ich mir nicht erklären. Wenn der pH-Wert hier so viel niedriger ist, gibt das schlechte Lebensbedingungen in der Erde für die Tiere und Pflanzen. Die Pflanzen können vielleicht nicht richtig wachsen. Aber sonst kann ich mir dazu nichts vorstellen.

(574-587)
Luft ist wegen dem Sauerstoff wichtig für den Boden. Ich glaube, eigentlich passiert gar nichts. Wenn man in ein Marmeladenglas Erde tut und die zuschraubt? Ich weiß nicht, was da auf Dauer passieren würde, außer, dass es trockner wird?

(588-604)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung:: Da ist wahrscheinlich ein Traktor durchgefahren. Und entweder hat es da geregnet oder es wurde bewässert. Das sieht ziemlich matschig aus. Und da, wo die Traktorspuren sind, ist es auch tiefer. In den Spuren ist eher Wasser.

(605-619)
Die Erde wird zusammengedrückt. Ich glaube nicht, dass das schlimm ist. Vielleicht kann sie keinen Sauerstoff mehr aufnehmen. Eine weitere Auswirkung könnte sein, dass die Erde irgendwie schrumpft.

(620-645)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Die fühlt sich ziemlich trocken an. Ich würde die hier, unter diesem Obersten einzeichnen, weil das Oberste ja bewässert würde und das dann erstmal nass ist. Wenn das längere Zeit nicht bewässert wurde, dann könnte das dann sein wie bei dem festen Boden *(Bodenprobe zusammengedrückt)*. Und weil die hier zusammen geschoben ist, ist die fest, fester. Durch die Spuren hat sich das hier, zwischen den Reifenspuren, zusammen (hoch) gedrückt und dadurch ist die dann fester. Ich glaube nicht, dass das Auswirkungen hat.

(646-658)
Begriff Bodenerosion: Kenne ich nicht. Ist das vielleicht so was wie eine kleine Explosion?

(659-664)
Begriff Bodenversauerung: Ich habe es noch nicht gehört, aber wenn, dann wäre es gerade wie mit dem Essig. Aber wodurch das kommt, weiß ich nicht.

(665-684)
Begriff Bodenverdichtung: Ich habe es noch nicht gehört. Darunter könnte ich mir den Prozess, den ich vorhin bei dem Zusammenschieben beschrieben habe vorstellen. Folgen wären, dass das dann nicht mehr so fruchtbar ist. Vielleicht ist das so zu eng, dass da Tiere drin krabbeln können? Oder dass Pflanzen noch drin wachsen können. Und weil es oben eher eine feste Schicht ist, ist das schwer für Pflanzen da raus zu kommen. Vielleicht kommt das durch das viele Bauen, dass immer mehr Erde zusammengedrückt wird? Oder auch durch irgendwelche Erdbeben.

(685-693)
Interessieren würden mich Themen über das Leben im Boden. Wovon sich die Dinge im Boden ernähren oder was der Boden braucht.

(694-742)
Bis jetzt hatte ich ein, zwei Jahre Erdkunde. Erst, weil ich längere Zeit nicht in der Schule war. Deswegen habe ich auch in Erdkunde keine Ahnung. Mir fällt ein, dass wir mal irgendwas über Gestein besprochen haben. Irgendwas war das mit Kohle. Irgendwann hat unser Lehrer mal Steine rum gegeben. In Chemie hatten wir mal was mit saurem Regen. Stimmt, dadurch kam das vielleicht mit der Versauerung. Aber ich weiß nicht mehr, was das ist. Meine Vorstellungen kommen von dem, was ich wahrgenommen habe und früher habe ich mal bei „Löwenzahn“ eine Sendung über Boden gesehen. Ich hatte früher auch, als ich sieben oder acht war, ein Abbo von einer Naturzeitschrift, „Tu was“ hieß die. Und da waren auch immer Poster drin über Boden und dann diese Maulwurfsgänge oder so.

Alita – Geordnete Aussage

Boden

Bodenproben Ansprache (10-21)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Beides ist Erde. *Probe 1* ist eher Blumenerde. *Probe 2* ist Erde vom Weg, was eher frei in der Natur (Wald) ist, was man nicht kauft.

Boden Begriffsbestimmung (22-59)
Erde
Einmal denkt man bei dem Wort Erde an die Welt und sonst an fruchtbaren Boden. Erde ist was Kleines, was Einzelnes.
Boden
Ein Boden ist was worauf man stehen kann, das was unten ist.
Boden ist nicht nur in der Natur, sondern hier (*im Raum*) ist auch ein Boden. Der ist ziemlich gleichmäßig. In der Natur (draußen) gibt es auch Straßen, aber es gibt da auch noch Wege wo nur Erde oder Steine sind. Ich finde, wenn man spazieren geht, merkt man den Unterschied ziemlich, weil sich das weicher anfühlt. Boden ist (dieses Ganze), wenn man ein ganzes Beet voll Erde hat.
Abgrenzung
Vielleicht sagen viele, wenn sie draußen sind, eher Erde, z.B. wenn sie was auf der Straße gefunden haben, ich habe einen Schlüssel auf der Erde gefunden und wenn sie es im Haus finden, sagen sie eher Boden.

Boden Aufbau (80-121)
Wenn ich auf der Erde stehe, da sind unter mir Maulwürfe und Wurzeln und das ist ein Baum (vom Baumstamm die Wurzeln). Und hier kleine Tiere (Insekten, Ameisen) und Steine. Unter der Erde stelle ich mir Wasser vor. Von der Oberfläche bis zu dem Wasser hin sind es vielleicht drei Meter. Und dann kommt irgendwann die Erdkruste.

Boden Bestandteile (60-80) (80-121) (385-393) (467-477)
In einem Stück Erde mit Rasen oben drauf würde ich (ganz viele) Tiere (Maulwürfe, Insekten, Ameisen), kleine Wurzeln und Steine (kleine Steine) finden. Die Erde selbst besteht aus Sand? Wasser ist noch in der Erde (ist feucht, wenn man das ausgräbt). Wasser ist lebensnotwendig für den Boden, da sonst kein Leben im Boden wäre. Durch das Wasser ist das auch viel stabiler (einfach fester), sonst wäre das ja mehr Sand. Boden besteht aus ganz vielen kleinen Einzelteilen (Sandkörnern).
Merkmale (22-59) (467-477)
Ich finde, wenn man spazieren geht, merkt man den Unterschied ziemlich, weil sich die Erde weicher anfühlt. Der Boden besteht aus ganz vielen kleinen Einzelteilen (Sandkörnern). Erde ist eher fest aneinander.

Bodenentstehung (121-153) (154-172)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Hier unten ist ein großer Felsen und der wird in Richtung Baum immer kleiner zu Stein. Hier sieht das so aus, als wenn die Erde beginnt. Und da drin sind noch (kleine) Steine. Die kleinen schwarzen Punkte sind vielleicht Tierchen. Man sieht die Baumwurzel und oberhalb dieser Erde sieht man noch Wiese und einen Baum und Sträucher. Die unterschiedlichen Teile kommen vielleicht durch Erdbeben oder durch Verschiebung zustande. Hier sind Steine und hier ist aber Boden. Das kommt daher, dass die Steine sich immer weiter aneinander reiben und dann klei-

ner werden und sich so in die Erde umwandeln. Wenn man nach der Bibel geht, gibt es Boden seit dem die Welt entstanden ist. Es gibt wahrscheinlich auch irgendwelche Theorien, dass das langsam entstanden ist. Wenn mir jemand so eine Theorie sagen würde, und ich die verstehen würde, dann würde ich eigentlich eher an diese Theorie glauben.

Mächtigkeit (80-121)
Von der Oberfläche bis zu dem Wasser hin sind es vielleicht drei Meter.

Vielfältigkeit der Böden (217-241)
Es gibt huckeligen Boden, Pflastersteine, normalen Betonboden (Straße). Naturwege fahre ich nicht zur Schule, die kenne ich vom Urlaub, Berge, wo man draufklettern kann. Das finde ich schöner, da spazieren zu gehen.

Bodenfunktionen / Bedeutung (173-196) (197-202) (202-210) (211-216) (259-270)
Wenn es den Boden nicht geben würde, dann würde man eigentlich fliegen, dann gäbe es keinen Grund, wo man drauf steht, keine Berge. Dann gibt es nur diese Erde, die Erdkruste. Das kann man sich dann ja vorstellen wie so ein hohler Ball. Dann kann das Wasser überall hin. Dann könnte man nur an der Erdkruste Häuser bauen und dann gäbe es auch nicht so viele Menschen, weil es nicht so viel Platz zum Leben gibt. Ich kann mir nicht vorstellen, dass es keinen Boden gäbe. Der Boden ist ziemlich wichtig für die Menschen, aber die Menschen machen sich darüber gar keine Gedanken. Man braucht einen Untergrund (Boden) worauf man fest stehen kann, wo man sich hinlegen möchte. Andere Lebewesen (Tieren, Pflanzen) brauchen auch Boden. Pflanzen müssen aus der Erde wachsen und Tiere brauchen was zum Stehen. Wir brauchen Boden um zu leben, weil wir Pflanzen (Bäume) brauchen, weil die uns Sauerstoff geben. Und wenn es keine Erde mehr gibt, dann gibt es auch keine Bäume mehr. Die können ja nicht aus der Straße (Beton) wachsen.

Bodenveränderung / Bodenzerstörung
Veränderung Allgemein (242-252)
In fünfzig (hundert, tausend) Jahren stelle ich mir den Boden vor, dass alles ziemlich glatt ist, dass immer mehr betoniert wird. Ich weiß nicht, ob sich da so viel verändern wird, aber ich schätze schon, dass es immer weniger Erdboden gibt. Müll könnte die Erde gefährden und auch Menschen, wenn die da dauernd drauftrampeln. Oder Hitze. Durch den Treibhauseffekt wird es ja immer wärmer. Überflutungen und sonst vielleicht irgendwelche Abgase.

Müll
Ursachen (271-290) (291-304)
Müll könnte die Erde gefährden. Von den Menschen wird immer mehr Müll in die Natur geschmissen, weil es immer mehr Müll gibt, durch Plastiksachen. Früher gab es nur Brot und diese Grundnahrungsmittel, und heute gibt es Joghurt, Plastikbecher. Viele Menschen haben dann keine Lust das weg zu räumen und das bleibt dann auf dem Boden.
Folgen (304-313)
Ich denke nicht, dass es die Erde schädigt, dass die Erde dadurch nicht weiterleben kann, aber irgendwann wird die zugemüllt. Dann gäbe es keine Pflanzen (nur noch kleine, keine Natur) mehr.

Überflutung (351-369)
Bei Überflutungen wird teilweise Erde weggespült. Bei dem Tsunami stelle ich mir vor, dass Berge oder Erde weggerissen (mitgeschwemmt) werden. Dann ist nur noch Wasser da. Ursachen sind, glaube ich, Erdbeben. (*sehr unsicher*)

Umweltverschmutzung (369-384)
Ursachen
Die Abgase kommen von Autos oder von Fabriken.
Folgen
Abgase könnten den Boden gefährden, weil schädliche Stoffe da sind, die das Leben in der Erde beeinflussen. Wenn direkt ein Stück Erde an der Autobahn ist, dann beeinflussen die ganzen Abgase von

den Autos die Pflanzen (Tiere) und die haben nicht so eine große Wahrscheinlichkeit zu überleben (überhaupt zu entstehen).

Treibhauseffekt

Ursachen (338-343)
Der Treibhauseffekt kommt zum Beispiel durch Kernkraftwerke.
Folgen (338-343) (343-350)
Wenn es immer wärmer wird, dann trocknet die Erde aus. Wenn die Erde austrocknet, dann ist die unfruchtbar und dann gibt es in der Erde kein Leben, weil alle Lebewesen Wasser brauchen.

Bebauen

Ursachen (241-252) (253-258)
In fünfzig (hundert, tausend) Jahren stelle ich mir den Boden so vor, dass alles ziemlich glatt ist, dass durch mehr Straßen, Autobahnen und Häuser immer mehr betoniert wird.
Folgen (253-258) (259-270)
Ich weiß nicht, ob sich da so viel verändern wird, aber ich schätze schon, dass es immer weniger Erdboden gibt. Wir brauchen Boden um zu leben, weil wir Pflanzen (Bäume) brauchen, weil die uns Sauerstoff geben. Und wenn es keine Erde mehr gibt, dann gibt es auch keine Bäume mehr. Die können ja nicht aus der Straße (Beton) wachsen.

Bedeutung Wasser (343-350) (385-393)

Wasser ist lebensnotwendig für den Boden, da sonst kein Leben im Boden wäre. Wenn die Erde austrocknet, dann ist die unfruchtbar und dann gibt es in der Erde kein Leben, weil alle Lebewesen Wasser brauchen. Durch das Wasser ist das auch viel stabiler (einfach fester), sonst wäre das ja mehr Sand.

Bodenerosion

Begriff Bodenerosion (646-658)
Kenne ich nicht. Ist das so was wie eine kleine Explosion vielleicht?

Wassererosion

Ursachen
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: (397-444)
Hier sieht man ein großes Feld, aber kein bepflanztes, sondern ein brachliegendes. Es sieht ungepflegt aus. Und in der Mitte geht ein Weg (eine Straße) durch. Ich weiß nicht genau, wie die entsteht. Es sieht nur so aus, für mich ist es kein Weg. Ich kann mir vorstellen, dass hier mal eine Bombe entzündet ist, aber dann müsste der Teil eigentlich auch weg sein. Die Mitte geht tiefer rein, da sieht man keinen (nicht so viel) Rasen. Hier vorne könnte man denken, dass das Wasser ist, aber weil die Tasche da steht, doch nicht. Ich finde das sieht glatter aus. Ich weiß nicht, ob so was entsteht, wenn man da mit einem schweren Fahrzeug durchfährt, aber dann müsste das zweispurig sein.
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode(486-538)
Das sieht so aus, also wenn hier Risse entstanden sind, als man den Nagel da rein geschlagen hat. Das kann ich mir nur erklären, dass das nicht alles ganz fest zusammen ist, sondern um überhaupt einen Stein darein zu kriegen, muss das ein bisschen locker sein. Vorher bestand das aus ganz vielen kleinen Sandkörnern und auf die Dauer hat sich das dann durch das Wasser zusammen gedrückt. Ich weiß nicht, ob das durch die verschiedenen Sichten kommt, aber hier sieht es viel huckeliger aus. Der Nagel wird dunkler. Der Nagel kommt immer weiter raus. Ich dachte, das wäre extra so, dass man den Nagel raus gezogen hat. Ach so, das kam von alleine. Es kann passieren, dass sich die Erde immer weiter zusammenschiebt und dass dadurch der Nagel hoch gedrückt wird, weil nicht mehr genug Platz ist. Weil der für den Boden ein Fremdkörper ist. Aber warum die den dann abstößt, kann ich nicht erklären.

Winderosion *Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind*

Ursachen (445-468) (467-477)
Das sieht aus wie Sand, weil das hell ist und hier scheint das so, als wenn es windig ist und ein bisschen Sand durch die Luft weht. Das wird aufgewirbelt. Das wird da abgetragen, weil das nicht fest ist.

Weil der Boden aus ganz vielen kleinen Einzelteilen (Sandkörnern) besteht, die nicht aneinander fest sind. Erde ist eher fest aneinander.
Folgen (445-468)
Vielleicht ist das gut, weil dann auch die unteren Sachen Sauerstoff (Luft) kriegen. Vielleicht wird es abgetragen, der Wind trägt das weg (verteilt) und das verschwindet dadurch. Das wäre nicht schlimm außer, wenn jetzt alles abgetragen wird, dann gäbe es ja keine Erde.

Bodenverdichtung

Begriff Bodenverdichtung (665-684)
Ich habe es noch nicht gehört. Darunter könnte ich mir den Prozess, den ich vorhin bei dem Zusammenschieben beschrieben habe, vorstellen.
Ursachen (314-322) (588-604) (620-645) (665-684)
Die Menschen trampeln auf die Erde, weil manche nicht wissen was passiert, wenn man da drauf trampelt. Wenn man irgendwas gepflanzt hat, dann soll man nicht drauf treten.
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung
Da ist wahrscheinlich ein Traktor durchgefahren. Und entweder es hat da geregnet oder es wurde bewässert. Das sieht ziemlich matschig aus. Und da wo die Traktorspuren sind, ist es auch tiefer. In den Spuren ist eher Wasser.
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt
Die fühlt sich ziemlich trocken an. Ich würde die hier unter diesem Obersten einzeichnen, weil das Oberste ja bewässert würde und das dann erstmal nass ist. Wenn das längere Zeit nicht bewässert wurde, dann könnte das sein *(Bodenprobe zusammengedrückt)*. Und weil die hier zusammen geschoben ist, ist die fest, fester. Durch die Spuren hat sich das zwischen den Reifenspuren zusammen (hoch) gedrückt und dadurch ist die Erde dann fester. Vielleicht kommt das durch das viele Bauen, dass immer mehr Erde zusammengedrückt wird? Oder auch durch irgendwelche Erdbeben.
Folgen (323-337) (605-619)
Die Erde muss auch Sauerstoff haben und wenn die zugetrampelt ist, dann ist ja eine glatte Schicht und dann kommt vielleicht unten nicht mehr so viel Sauerstoff dran (kann sie nicht mehr so viel aufnehmen). Aber wenn die so aufgelockert ist, dann kommt mehr Sauerstoff durch. Es gibt auch weniger Pflanzen. Weitere Auswirkungen könnten sein, dass die Erde irgendwie schrumpft. Durch die Spuren hat sich das zwischen den Reifenspuren zusammen (hoch) gedrückt und dadurch ist die Erde dann fester. Ich glaube nicht, dass das Auswirkungen hat. Folgen wären, dass das dann nicht mehr so fruchtbar ist. Vielleicht ist das so eng, dass da keine Tiere drin krabbeln (Pflanzen drin wachsen) können? Und weil es oben eher eine feste Schicht ist, ist das schwer für Pflanzen da raus zu kommen.

Bedeutung Luft (574-587)

Luft ist wegen dem Sauerstoff wichtig für den Boden. Ich glaube eigentlich passiert gar nichts. Wenn man in ein Marmeladenglas Erde tut und die zuschraubt? Ich weiß nicht, was da auf Dauer passieren würde, außer, dass es trockner wird?

Bodenversauerung

Begriff Bodenversauerung (659-664)
Ich habe es noch nicht gehört, aber wenn, dann wäre es gerade wie mit dem Essig. Aber wodurch das kommt, weiß ich nicht.
Ursachen
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): (539-553)
Essig hat irgendetwas mit Alkohol zu tun, zumindest Essigsäure, durch Gärungsprozesse oder durch Dünger. Aber sonst weiß ich nichts.
Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I) (554-573)
Das kann ich mir nicht erklären.
Folgen (539-553) (554-573)
Ich schätze mal, dass es nicht so gute Auswirkungen hat. Aber warum, weiß ich nicht. Wenn der pH-Wert hier so viel niedriger ist, gibt das schlechte Lebensbedingungen in der Erde für die Tiere und Pflanzen. Die Pflanzen können vielleicht nicht richtig wachsen. Aber sonst kann ich mir dazu nichts vorstellen.

Alita Explikation

Charakteristika der Vorstellungen

Boden

Alitas Vorstellungen sind stark lebensweltlich geprägt und durch eigene Erfahrungen charakterisiert. Berührungspunkte zu den Fachwissenschaften gibt es kaum. Bereits an den Begriffsbestimmungen für Erde und Boden wird dies deutlich. Für Alita ist Erde einerseits der Planet Erde und andererseits fruchtbarer Boden. Boden wird als Untergrund beschrieben, worauf man stehen kann, was unten ist. Boden gäbe es drinnen (im Raum), wo er gleichmäßig ist und draußen in der Natur. Dort gäbe es Straßen, aber auch Wege, die aus Erde oder Steinen bestehen. Wenn Boden aus Erde bestehen würde, würde sich das weich anfühlen. Boden wäre das Ganze und Erde etwas Kleines, Einzelnes. Als eine weitere Unterscheidung zwischen Boden und Erde nennt Alita das Vorkommen. Wenn man draußen ist, würde man eher Erde, drinnen (im Haus) eher Boden sagen. Boden und Erde werden im Interview teilweise jedoch synonym benutzt.

Alita beschreibt und skizziert Erde in ihrer Zeichnung als eine einheitliche Masse, die in sich nicht weiter gegliedert (Abbildung 30). Für Alita ist Erde ist ca. drei Meter mächtig, darunter kommt Wasser und dann die Erdkruste. Diese Erde bestehe aus vielen kleinen Einzelteilen (Sand) und Wasser. Der Unterschied zwischen Erde und Sand scheint für Alita im Wassergehalt zu bestehen. Nur durch das Wasser würde der Sand zum Erde. Wasser sei lebensnotwendig und mache den Boden fester und stabiler. Außerdem gäbe es im Boden, wie in der Skizze zu erkennen, kleine Steine, Wurzeln, Maulwürfe und Maulwurfsgänge und kleine Tiere (Ameisen, Insekten). In Alitas Vorstellungen ist die Erde belebt.

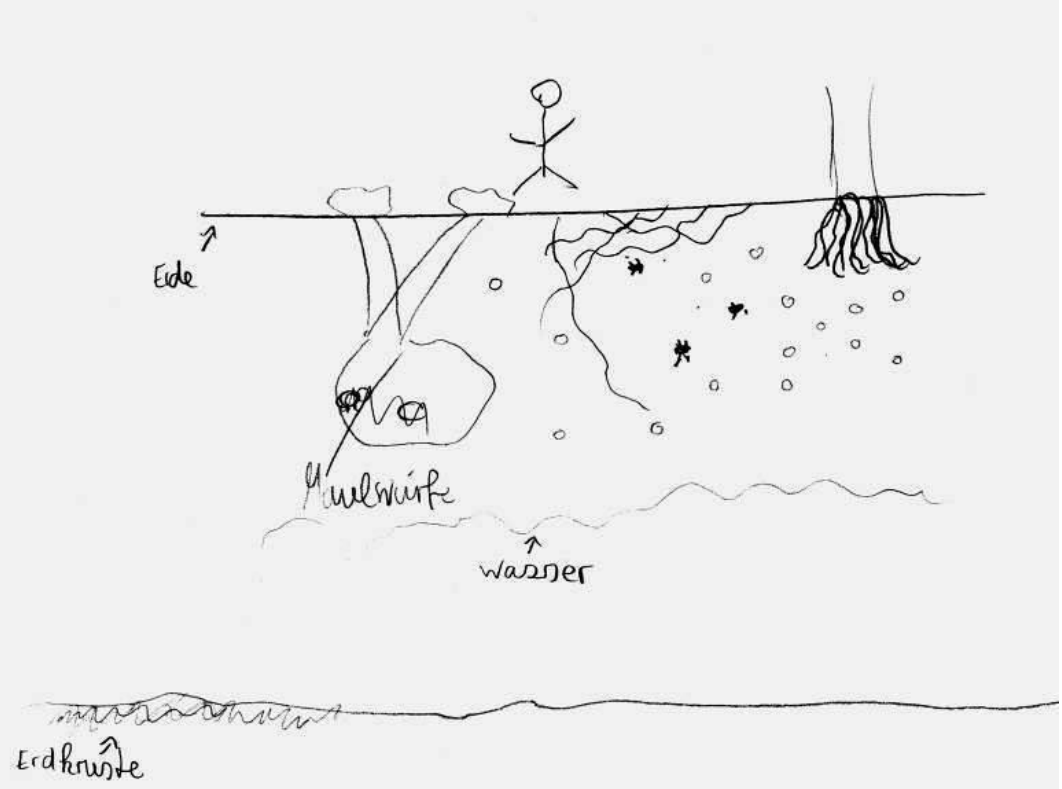

Abbildung 30: Skizze zum Bodenaufbau – Alita

Die Entstehung von Erde aus Gestein erklärt Alita sich so, dass die Steine sich immer wieder aneinander reiben, kleiner werden und sich so in Erde umwandeln. Diese Aussage passt zu Alitas Vorstellung, dass Erde aus nassem Sand besteht. Verwitterung und Zersetzung spielen in Alitas Vorstellungen von Bodenbildung keine Rolle. Alita argumentiert bei der Frage nach dem Alter von Boden mit der Bibel und sagt, dass es Boden wohl schon immer gab. Sie ist sich aber bewusst, dass es noch andere Theorien geben könnte und würde gerne an eine solche glauben, vorausgesetzt sie würde diese verstehen.

Die Vielfältigkeit der Böden spiegelt sich bei Alita in den unterschiedlichen Oberflächen wie huckliger Boden, Pflastersteine und Betonboden. Diese grenzt sie zu natürlichen Böden ab, wie Erde oder Berge, auf die man klettern kann.

Die Vorstellungen von Alita, wenn es keinen Boden mehr geben würde, sind etwas konfus, was mit der unklaren Definition von Boden und Erde zusammenhängen könnte. Boden hat für sie die Bedeutung eines Untergrundes, auf dem man stehen und sich festhalten oder hinlegen kann. Ohne diesen Boden würde man fliegen. Diese Aussage relativiert Alita in ihren weiteren Ausführungen und bemerkt, dass es ohne Boden nur die Erdkruste geben würde. Sie vergleicht ihre Vorstellungen mit einem „hohlen Ball". Boden hat die Funktionen Flächen für den Häuserbau zu stellen und Wasser aufzuhalten, damit es sich nicht überall ausbreiten kann. Einen besonderen Stellenwert räumt sie dem Boden für die Lebewesen ein. Er würde als Lebensraum für Pflanzen und Tiere dienen und auch der Mensch sei vom Boden abhängig, da er den Sauerstoff der Pflanzen zum Leben benötigt.

Veränderungen

Alita nennt nur durch den Menschen bedingte Veränderungen. Natürliche Veränderungen werden nicht in Erwägung gezogen. Boden würde durch vielfältige Ursachen wie Müll, „Zubetonieren", „Drauftrampeln", den Treibhauseffekt, Überflutungen und Abgase gefährdet. Diese von ihr benannten Aspekte sind stark alltagsweltlich geprägt und werden nur oberflächlich ausgeführt. Besonders auffällig ist in den Aussagen ihr biologisches Interesse. Die genannten Folgen werden bei allen Beispielen immer wieder auf die Tier- und Pflanzenwelt bezogen. Andere Folgen der genannten Phänomene werden häufig nicht erkannt. Weiterhin geht sie immer wieder auf die Bedeutung des Sauerstoffes für den Boden ein und begründet diese v.a. mit der Bedeutung des Sauerstoffes für Menschen und Tiere.

Als Ursachen für die Gefährdung des Bodens durch Müll nennt Alita die steigende Müllproduktion Abbildung 31). Es gäbe heute, im Gegensatz zu früher, wo es nur Grundnahrungsmittel gab, mehr Plastiksachen, z.B. Joghurtbecher. Sie geht nicht von den Müllmassen aus, die deponiert und entsorgt werden müssen, sondern von einzelnen Menschen, die ihren Müll in die Natur schmeißen und keine Lust haben den Müll wegzuräumen. Der Müll bliebe auf dem Boden liegen und die Erde würde nach Alitas Aussagen „zugemüllt". Die Erde selbst würde dabei nicht geschädigt und kann weiter leben. Durch den Müll gäbe es dann jedoch keine oder nur noch kleine Pflanzen und damit gäbe es auch keine Natur mehr.

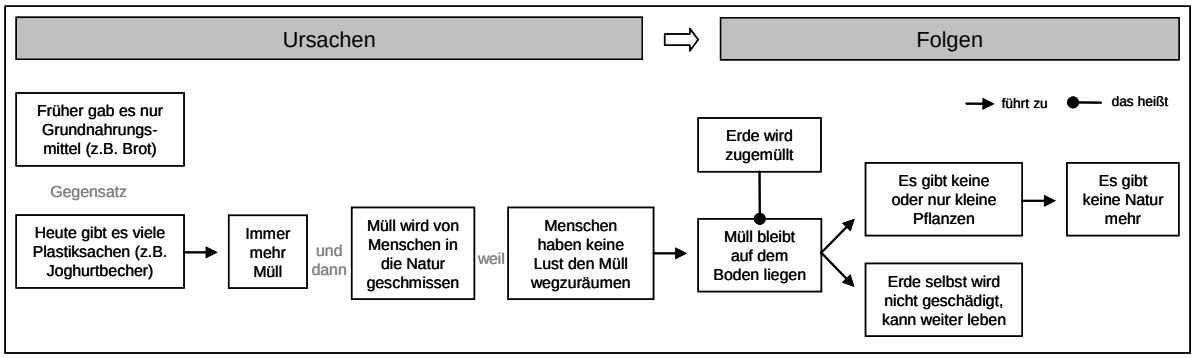

Abbildung 31: SLT – Alita: Bodengefährdung durch Müll

Erde und Berge könnten durch Überflutungen weggespült werden. Die Überflutungen führt Alita sehr unsicher auf Erdbeben (Tsunamis) zurück. Als Folge der Überflutung wäre nur noch Wasser da, was sie als schlecht bewertet, da wir (Menschen) Boden zum Leben benötigen.

Als Verursacher der Umweltverschmutzung nennt Alita Abgase von Autos und Fabriken (Abbildung 32). Diese könnten den Boden gefährden, weil darin schädliche Stoffe enthalten wären, die das Leben gefährden. Die Wirkung von Abgasen wird kleinräumig am Beispiel eines Autobahnstückes beschrieben, das von Autoabgasen beeinflusst wird. An diesen Stellen hätten Tiere und Pflanzen kaum eine Möglichkeit zu Überleben oder gar erst zu entstehen. Ein Transport über weitere Strecken oder gar eine Transformation der Abgase wird nicht in Betracht gezogen.

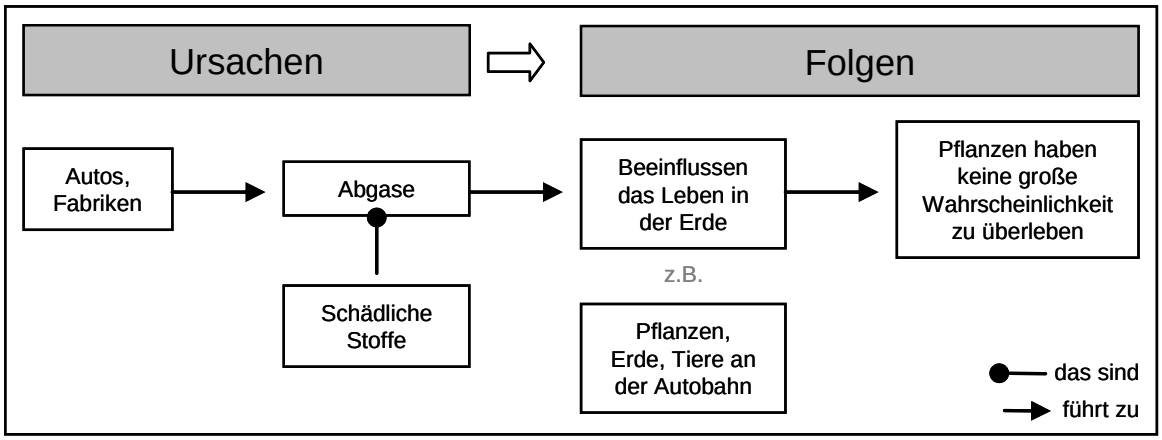

Abbildung 32: ALT – Alita: Bodengefährdung durch Abgase

Der Treibhauseffekt entsteht für Alita durch Kernkraftwerke (Abbildung 33). Durch den Treibhauseffekt würde es immer wärmer, die Erde würde austrocknen. Da alle Lebewesen Wasser brauchen, gäbe es folglich in der Erde kein Leben mehr. Wassermangel wird von Alita in diesem Zusammenhang mit der Unfruchtbarkeit der Erde gleichgesetzt.

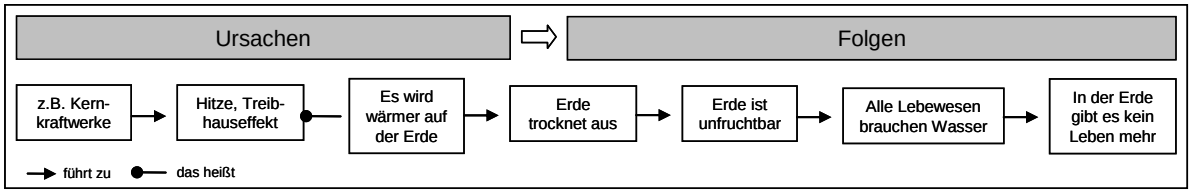

Abbildung 33: SLT – Alita: Bodengefährdung durch den Treibhauseffekt

Alita sieht auch die Bodenversiegelung als Problem (Abbildung 34). In Zukunft würde es ihrer Meinung nach immer weniger Erde geben, da diese durch Straßen und Häuser zubetoniert werden. Da Bäume nicht aus dem Beton wachsen könnten, hätte diese Entwicklung Auswirkungen auf die Sauerstoffproduktion und damit auch auf den Menschen.

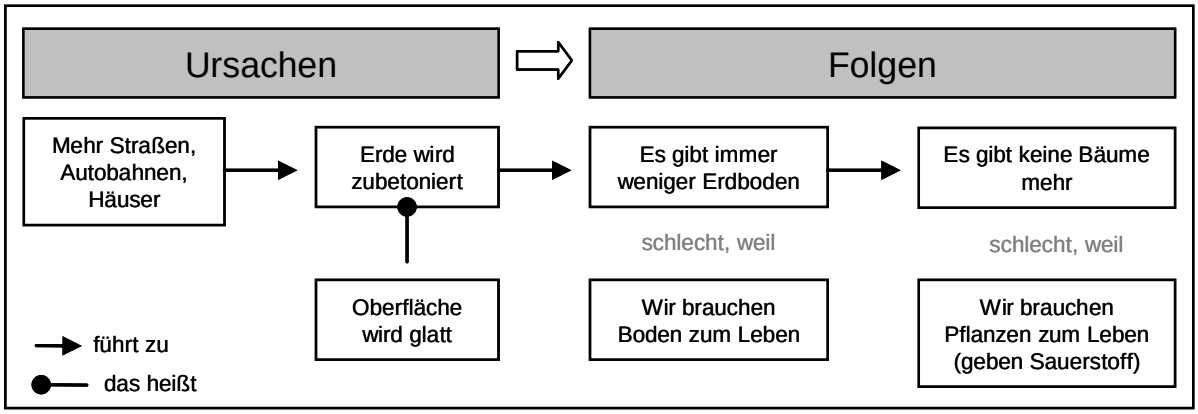

Abbildung 34: SLT – Alita: Bebauung

Das auf dem Foto dargestellte Phänomen der Wassererosion kann sich Alita nicht erklären. Sie beschreibt die Erosionsrinne als Weg, ist sich aber bewusst, dass es keiner ist. Sie sucht nach Erklärungsmöglichkeiten. Sie vermutet z.B. eine Bombenexplosion, die Wirkung des Wassers oder das Entstehen der Form durch Befahren mit einem schweren Fahrzeug. Die Vermutungen widerlegt sie aber alle im gleichen Atemzug selbst. Die gegebene Form passt ihrer Meinung nach nicht mit den vorgeschlagenen Prozessen überein.

Das Hervorstehen der vorher eingeschlagenen Nägel erklärt sich Alita durch aktive Prozesse im Boden und nicht durch Erosionsvorgänge (Abbildung 35). Sie spricht davon, dass sich die Erde immer weiter zusammenschiebt und den Nagel hoch drückt und abstößt, weil er für den Boden einen Fremdkörper darstellt und nicht genügend Platz im Boden vorhanden ist.

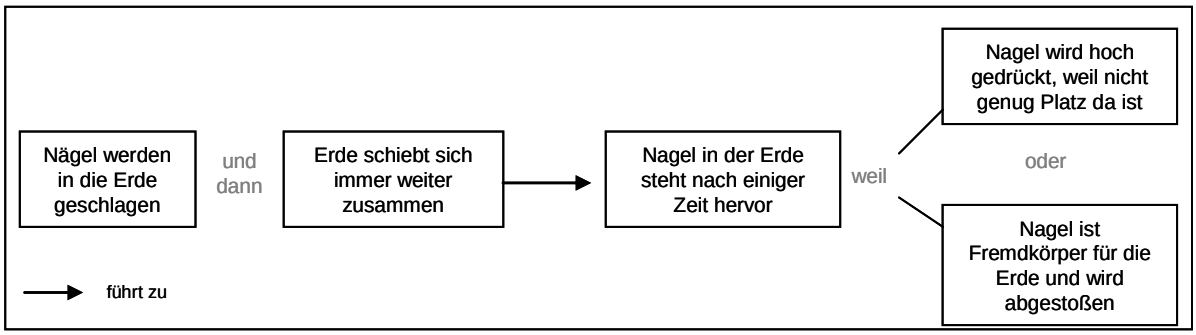

Abbildung 35: SLT – Altia: Nagelmethode

Alita stellt sich vor, dass Boden aus vielen kleinen Einzelteilen besteht, die nicht fest aneinander sind (Abbildung 36). Daher könne Wind die Sandkörner abtragen und wegwehen. Im Widerspruch zu dieser Aussage steht die Aussage, dass Erde eher fest aneinander ist. Alita glaubt, dass dieser Vorgang positive Auswirkungen haben könnte, da durch den Abtrag auch an die darunter liegenden Sachen Sauerstoff gelangen würde. Negative Auswirkungen hätte der Vorgang nur, wenn alles abgetragen würde und es keine Erde mehr gäbe.

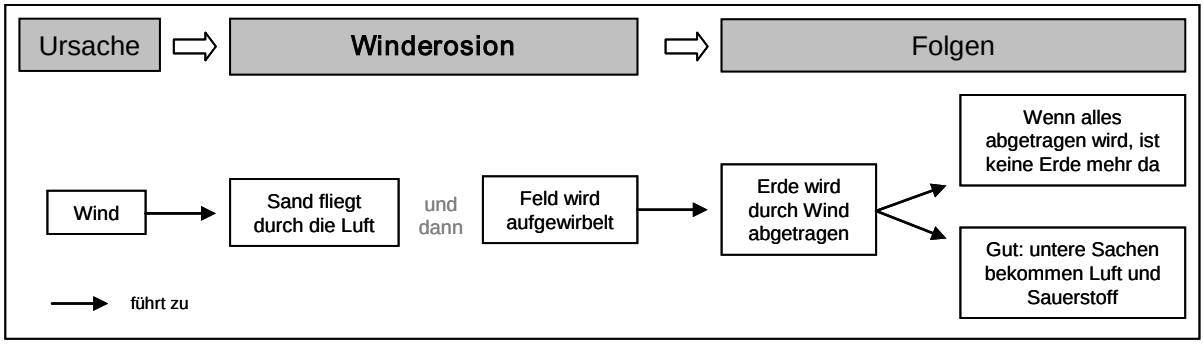

Abbildung 36: SLT – Alita: Winderosion

Bei der Bodenverdichtung beschreibt Alita die augenscheinlichen Aspekte, also den Zustand des Bodens nachdem ein Traktor über den Boden gefahren ist und es geregnet hat. Dass Boden an den Stellen, wo das Wasser steht, zusammengedrückt und dadurch fester wurde, erwähnt sie erst im Zusammenhang mit der präparierten Bodenprobe. Als Ursachen nennt sie, neben dem Befahren mit dem Traktor, auch Erdbeben oder das Bebauen der Erde. Auch das ständige *„drauftrampeln“* (279), sieht sie als ursächlich an. Sie spricht von einer *„glatten Schicht“* (325), die entsteht und davon, dass die *„Erde schrumpft“* (618), womit die Volumenabnahme und die Zunahme der Dichte gemeint sein könnten. Durch die feste Schicht käme kein Sauerstoff mehr an die Erde. Außerdem könnte die Verdichtung zur Folge haben, dass der Boden zu eng wäre, dass Tiere darin krabbeln und Pflanzen darin wachsen oder aus dem Boden rauskommen könnten (Abbildung 37; Abbildung 38: Abbildung 39).

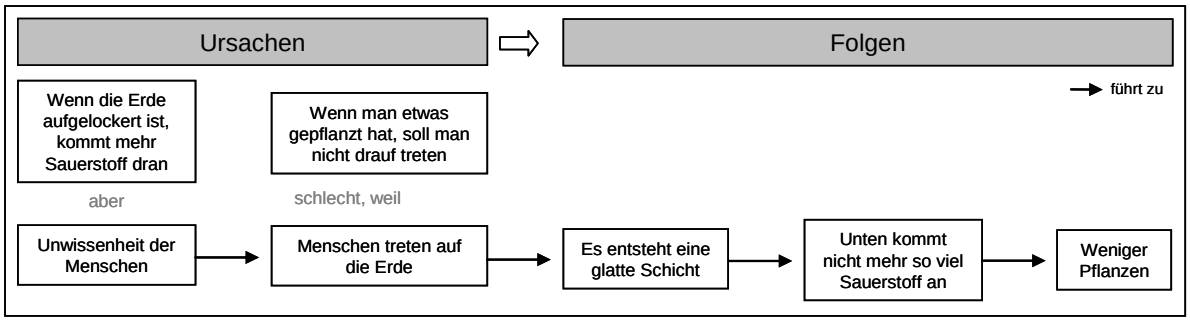

Abbildung 37: SLT – Alita: Bodengefährdung durch „Drauftrampeln“

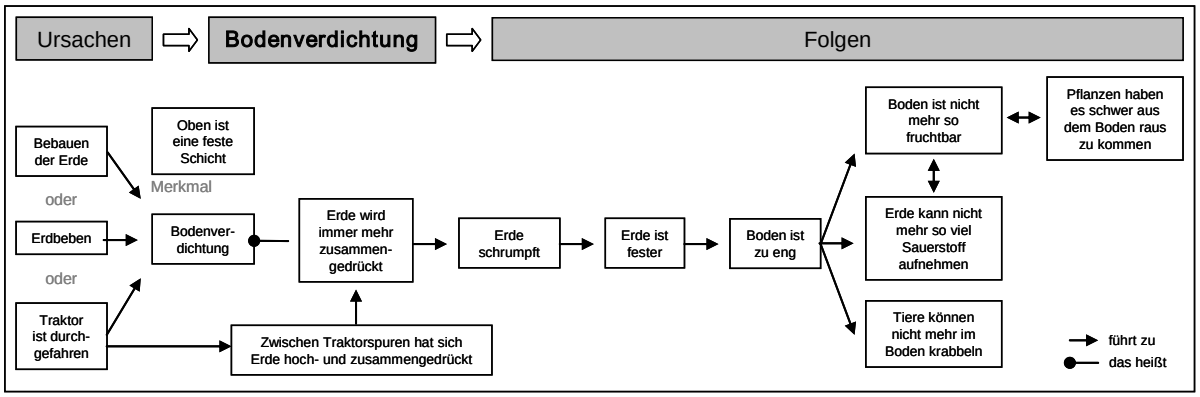

Abbildung 38: SLT – Alita: Bodenverdichtung I

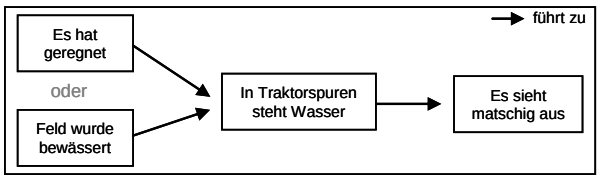

Abbildung 39: SLT – Alita: Bodenverdichtung II

Das Phänomen der Bodenversauerung kann Alita sich gar nicht erklären (Abbildung 40). Weder die Schlagzeile noch die pH-Wert-Veränderung im Boden sagen ihr etwas. Erst zu Ende des Interviews, als sie nach den Quellen ihrer Vorstellungen gefragt wird, erwähnt sie den sauren Regen als mögliche Ursache für die Bodenversauerung. Sie geht nur auf den Essig ein und verbindet das mit ihrem Vorwissen aus dem Chemieunterricht. Sie vermutet aber, dass eine Versauerung der Böden keine guten Auswirkungen hätte. Sie geht von einer Verschlechterung der Lebensbedingungen in der Erde für Tiere und Pflanzen aus, welche sich auf das Wachstum der Pflanzen auswirken könnte.

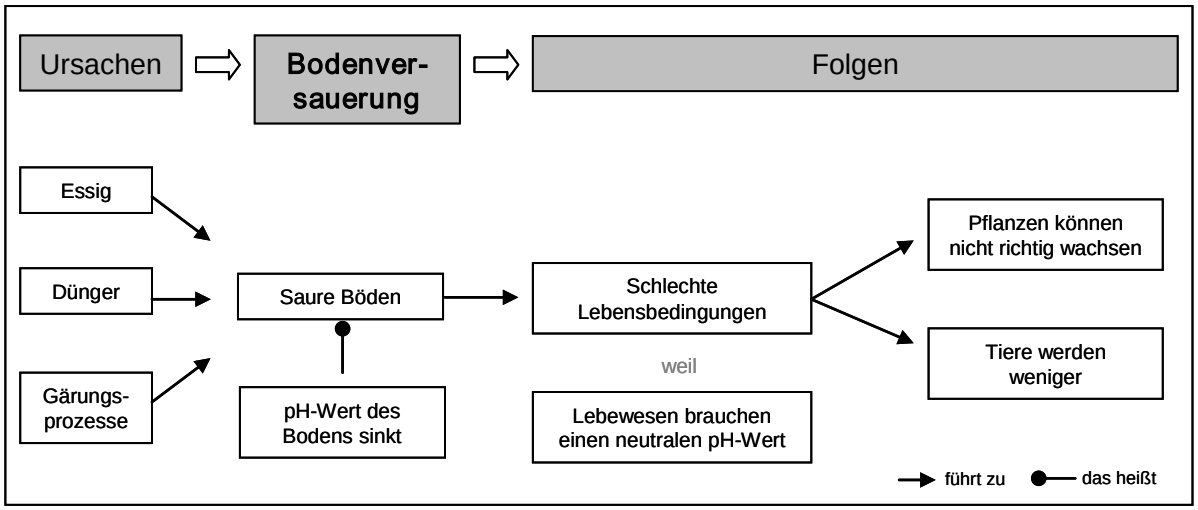

Abbildung 40: SLT – Alita: Bodenversauerung

Bedeutung von Begriffen

Der Begriff *Boden* wird von Alita als Untergrund verstanden, auf dem man stehen kann. Er befindet sich in Häusern und ist dort gleichmäßig und er befindet sich in der Natur. Boden könne aus Erde bestehen. Unter Erde versteht Alita einerseits die Welt und andererseits fruchtbaren Boden, der aus einzelnen Teilen besteht. Alita sind alle drei Fachbegriffe Bodenerosion, Bodenverdichtung und Bodenversauerung unbekannt. Unter *Bodenerosion* könnte sie sich eine kleine Explosion vorstellen. Den Begriff *Bodenverdichtung* verbindet sie mit den vorher im Interview beschriebenen Prozessen zum gleichen Phänomen. Die *Bodenversauerung* bringt sie mit dem Essig aus der Zeitungsschlagzeile in Zusammenhang, kann dies aber nicht weiter erklären.

Sprachliche Aspekte

Das Interview mit Alita läuft nur sehr schleppend an. Alita benutzt im Interview häufig Aussagen wie „vielleicht“, „wahrscheinlich“, „irgendwie“ und „ich weiß nicht“. Dies lässt auf eine starke Unsicherheit schließen, die sich auch im leisen und zögerlichen Sprechen während des Interviews ausdrückt.

Widersprüche, Probleme, Brüche, Interessen (685-693)

Alita interessiert sich vor allem für biologische Themen, vorwiegend für Themen über das Leben im Boden, wovon sich die Dinge im Boden ernähren oder was der Boden braucht. Diese Schwerpunkte sind auch im Interview wieder zu finden. Sie geht bei der Bedeutung des Bodens und bei Folgen von Bodengefährdung immer wieder auf Tiere und Pflanzen ein.

Herkunft der Vorstellungen (22-59) (154-172) (217-241) (486-538) (694-742)

In Alitas Aussagen lassen sich Hinweise auf verschiedenste Quellen ihrer Vorstellungen finden. So knüpft sie ihre Vorstellungen z.B. an Alltagserfahrungen an, wie die von ihr beschriebene Beschaffenheit und Vielfältigkeit der Böden. Diese sind an Aussagen zu erkennen wie *„Ich finde wenn man spazieren geht, merkt man den Unterschied ziemlich, weil sich das weicher anfühlt“* (46 f.) oder *„Es gibt huckeligen Boden, Pflastersteine, normalen Betonboden (Straße). Naturwege fahre ich nicht zur Schule, die kenne ich vom Urlaub…“* (230 ff.) Bei der Vorstellung über die Bodenbildung bezieht sie sich auf die Bibel. Danach müsste der Boden da sein, seit die Welt entstanden ist. Ein anderes Mal werden die Vorstellungen eher von der Medizin oder Biologie geprägt, z.B. wenn Alita beim Nagel im Boden von einem *„Fremdkörper“* (536) spricht. Als weitere Quellen für ihre Vorstellungen nennt sie selbst den Unterricht, in welchem sie etwas über Gestein oder Kohle gehört hat und Steine gezeigt wurden. Weiter nennt sie den Chemieunterricht, in welchem sie den sauren Regen durchgenommen haben, von dem sie aber nichts mehr weiß. Alitas Unsicherheit in der Sprache wird durch ihre eigene Aussage unterstützt, dass sie keine Ahnung von Erdkunde hat und erst seit zwei Jahren an der Schule ist, also erst ein Jahr Erdkundeunterricht hinter sich hat. Vorher hatte sie privaten Unterricht. Die Vorstellungen, dass Erde und sogar Berge durch Überflutungen weggespült werden könnten, sind wahrscheinlich durch den aktuellen Bezug zum katastrophalen Tsunami im Dezember 2004 geprägt. Als zusätzliche

Quellen führt sie die Fernsehsendung „Löwenzahn" über das Thema Boden an und eine Naturzeitschrift die „Tu was" hieß, in der Poster über den Boden und die Maulwurfsgänge waren.

Alita Einzelstrukturierung

Konzepte zum Boden

Begriffe

Erde:

- Erde als Planet Erde
- Erde als fruchtbarer Boden
- Erde als Material: Erde ist etwas Kleines, Einzelnes

Boden als Untergrund: Boden als Untergrund, darauf kann man stehen, Boden ist unten.

Boden besteht aus Erde/Sand: Boden kann aus Erde bestehen. Boden besteht aus vielen kleinen Einzelteilen (Sandkörnern).

Abgrenzung der Begriffe Boden und Erde: Draußen wird von Erde, im Haus eher von Boden gesprochen.

Boden Aufbau

Erde als einheitliche Masse: Die Erde ist in sich nicht gegliedert.

Begrenzung der Erde: Unter der Erde ist Wasser, darunter kommt die Erdkruste.

Mächtigkeit: Von der Oberfläche bis zum Wasser sind es vielleicht drei Meter.

Bodenbestandteile

Lebende Organismen: In der Erde sind Tiere (Maulwürfe, Ameisen, Insekten) und Wurzeln. Erde ist belebt.

Mineralische Bestandteile: Die Erde selbst besteht aus Sand. In der Erde sind kleine Steine.
Wasser: Wasser ist lebensnotwendig für den Boden und macht ihn fester und stabiler.

Vorkommen/Vielfalt

Vorkommen von Boden: Im Raum ist Boden gleichmäßig, draußen sind Böden Straßen oder auch Wege aus Erde oder Steinen.

Unterschiedliche Oberflächen: Es gibt huckelige Böden, Pflastersteine, Betonböden, Naturwege.

Bodenentstehung

Zerkleinerung von Steinen: Steine reiben sich aneinander, werden immer kleiner und wandeln sich so in Erde um.
? Boden war schon immer da: Nach der Bibel war Boden schon immer da.
? Boden kann entstehen: Wahrscheinlich gibt es Theorien, dass Boden langsam entstanden ist.

Bodenfunktionen

Trägerfunktion: Auf dem Boden kann man stehen, sich festhalten oder hinlegen. Er bietet Fläche für den Häuserbau.
Schutz vor Wasser: Ohne Boden kann das Wasser überall hin.
Lebensraum: Pflanzen wachsen aus der Erde, Tiere müssen was zum Stehen haben.
Lebensgrundlage: Menschen sind vom Boden abhängig, da die Pflanzen ohne ihn nicht leben und keinen Sauerstoff produzieren können.

Veränderungen im Boden

Anthropogene Veränderungen: Veränderungen im Boden sind durch den Menschen bedingt.
Gefährdung: Boden wird durch vielfältige Ursachen wie Müll, „Zubetonieren“, „Drauftrampeln“, den Treibhauseffekt, Überflutungen und Abgase gefährdet.

Auswirkungen auf Flora und Fauna: Die Folgen betreffen die Tier- und Pflanzenwelt. Wenn die Pflanzen dann keinen Sauerstoff mehr produzieren, hat das auch Auswirkungen auf die Menschen.

Konzepte zur Bodenzerstörung

Gefährdung durch Müll

Ursachen

Steigende Müllproduktion: Früher gab es nur Grundnahrungsmittel, heute gibt es mehr Plastiksachen und Verpackungen.

Umweltsünder: Menschen werfen ihren Müll in die Natur und haben keine Lust ihn wegzuräumen.

Folgen

Keine Natur mehr: Erde wird zugemüllt. Die Erde selbst wird nicht geschädigt. Es gibt aber keine oder nur noch kleine Pflanzen. Es gibt keine Natur mehr.

Umweltverschmutzung

Ursache

Abgase: Abgase von Autos und Fabriken können den Boden gefährden, weil darin schädliche Stoffe enthalten sind.

Folgen

Kleinräumige Folgen: Abgase beeinflussen die Erde an den Autobahnen. Hier können Tiere und Pflanzen nicht mehr überleben bzw. entstehen.

Treibhauseffekt

Ursache

Kernkraftwerke: Der Treibhauseffekt entsteht durch Kernkraftwerke.

Folgen

Erwärmung: Es wird immer wärmer und die Erde trocknet aus.

Unfruchtbarkeit: Wenn die Erde austrocknet, ist sie unfruchtbar.

Kein Leben: Da alle Tiere Wasser brauchen, gibt es in der Erde kein Leben mehr.

Bebauung

Ursache

Zubetonieren: Es gibt immer weniger Erde, da diese durch Häuser und Straßen zubetoniert werden.

Folgen

Keine Bäume: Bäume können nicht aus dem Beton wachsen. Es gibt keine Bäume mehr, die Sauerstoff produzieren. Das hat auch Auswirkungen auf den Menschen.

Wassererosion

Bild Wassererosion

- *Weg:* ~~Es sieht aus wie ein Weg durch ein Feld.~~
- *Explosion:* ~~Das ist entstanden durch eine Bombenexplosion.~~
- *Wasser:* ~~Das ist entstanden durch die Wirkung des Wassers.~~
- *Befahren:* ~~Das ist entstanden durch das Befahren des Feldes mit einem schweren Fahrzeug.~~

Kein Konzept: Die auf dem Foto dargestellte Form passt nicht zu den vorgeschlagenen Prozessen.

Bild Nagelmethode

Aktiver Prozess: Erde schiebt sich zusammen und drückt den Nagel hoch, weil nicht genügend Platz im Boden ist. Nagel ist für die Erde ein Fremdkörper und wird abgestoßen.

Winderosion

Ursache

Wind: Sand wird durch Wind aufgewirbelt, abgetragen, weggeweht.

Bedingungen

Einzelteile: Boden besteht aus vielen kleinen Einzelteilen, Sandkörnern, die nicht fest aneinander sind und kann weggeweht werden. Erde ist eher fest aneinander.

Folgen

Sauerstoff: An die unteren Sachen kommt auch Sauerstoff.

Abtrag: Wenn alles abgetragen werden würde, gäbe es keine Erde mehr.
? Begriff Bodenerosion: Unbekannt. Vielleicht eine kleine Explosion.

Bodenverdichtung

Befahren und Regen: Ein Traktor ist über den Boden gefahren und es hat geregnet. Der Boden ist an den Stellen, wo das Wasser steht, zusammengedrückt und dadurch fester.
Zusammengedrückt: Der Boden wird durch das Befahren mit dem Traktor, durch „Drauftrampeln“, durch Erdbeben oder Hausbau zusammengedrückt. Es entsteht eine glatte Schicht. Die Erde schrumpft.
Folge
Zu eng: Es kommt kein Sauerstoff mehr an die Erde. Es ist zu eng, als dass die Tiere darin krabbeln oder Pflanzen darin wachsen könnten.
? Begriff Bodenverdichtung: Der Begriff wird mit dem zuvor beschriebenen Prozess in Verbindung gebracht.

Bodenversauerung

Ursachen
? Saurer Regen: Vielleicht kommt es durch den sauren Regen zur Bodenversauerung.
? Eintrag: Essig und Dünger führen zu sauren Böden.
? Gärungsprozesse: Gärungsprozesse führen zu sauren Böden.
Folgen
Schlechte Lebensbedingungen: Bodenversauerung hat keine guten Auswirkungen, die Lebensbedingungen für Tiere und Pflanzen verschlechtern sich. Das hat Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum.
? Begriff Bodenversauerung: Der Begriff ist unbekannt. Er könnte etwas mit dem Essig aus der Schlagzeile zu tun haben.

Interview 8: Ben (16 Jahre alt)

Ben - Redigierte Aussage

(1-18)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Ich würde sagen, beides ist Erde. Und das ist grober. Oben drauf sind die Steine grober *(P1)*. Hier nicht, nur so ein paar. Da ist noch Holz drin *(P2)*, hier nicht *(P1)*. außerdem ist die Erde dunkler *(P2)* als die hier. Wenn man dann tiefer geht, dann ist das eigentlich feiner *(P2)*.

(19-41)
Erde ist das, was in den Beeten rum liegt. Es ist auf jeden Fall grober als Sand, der am Strand rum liegt, finde ich und schwerer und feuchter. Und von der Farbe auch wesentlich dunkler. Mutterboden sozusagen. Den kenne ich davon, als meine Eltern unser Haus gebaut haben. Was das genau ist, weiß ich auch nicht. Ja was ist Boden? Erstmal sind das mehrere Schichten. Glaub ich, habe ich mal gehört oder gesehen. Auch in der Schule. Je tiefer die Schichten sind, desto älter sind die.

(42-61)
Boden ist für mich erstmal nur die unterste Schicht. Erde ist das, was da drunter kommt. Also, ich bin ja Stadtkind und da sieht man ja nicht so viel Erde. Das ist ja alles asphaltiert. Da drunter kommt dann Erde. Und der Asphalt ist dann der Boden. Andererseits, Boden, das sind so verschiedene Schichten. Das ist das, was es dann wirklich ist.

(62-86)
Wenn ich mit einem Spaten ein Stück aus dem Boden raus steche, finde ich ganz viele Tiere. Auch die man nicht sieht. Ja, und Erde. Es kommt darauf an wo ich ein Stück Erde entnehme. Hier sind mehr Steine drin, ein paar Wurzeln, Holzstückchen und Regenwürmer vielleicht, ich weiß es nicht. Bestimmt irgendwelche Bakterien. Aber die sehe ich ja nicht. Und diese ganzen komischen Chemikalien, Luft, Wasser und so weiter und so fort. Tiefer kommt dann irgendwann auch so Kohlezeugs.

(87-124)
Wenn ich hier draußen auf einer Wiese stehen würde, ist da erstmal der Rasen unter mir. Dann kommt die Erde, dieses lockere Zeug, und irgendwann wird es, glaube ich, immer fester. Erde und dann kommen diese verschiedenen Steinschichten (Geröllschichten, Erdschichten). Wenn da ein Baum steht, noch ein paar Wurzeln. Das eine ist Steinkohle oder Braunkohle, vielleicht auch noch ein Dinosaurierknochen, der ist glaube ich am untersten, weil der am ältesten ist. Braunkohle und Steinkohle liegen ja nicht direkt übereinander. Steinkohle hat ja auch schon ein paar Jahre auf dem Buckel. Und dann weiß ich auch nicht. Also Braunkohle ist ja aus Sumpfgebieten entstanden, ne? Ja, wenn das da mal irgendwann war, dann ist hier, so an der Seite, vielleicht auch Braunkohle. Ich weiß aber nicht, wie die vielen verschiedenen anderen Schichten heißen.

(125-146)
Diese Schichten unterschieden sich durch ihre Art, ihre Festigkeit, vielleicht auch durch ihren Wasseranteil oder Luftanteil. Durch ihren Aufbau, ganz einfach. Ihre Struktur. Diese Unterschiede kommen durch die Klimaveränderung, würde ich jetzt mal sagen, weil früher war hier mal, zu Zeiten der Dinos, Tropenwald und so. Und dann hat sich das alles verändert und dann kamen zum Beispiel Gletscher. Der Gletscher hat auch Steine vor sich her getragen. Dann kam wieder eine neue Schicht drüber und dann auch bestimmt so Verwehungen durch den Wind. Ja, so hat sich das dann alles entwickelt. Ich glaube, so klar sind die Grenzen zwischen den Schichten wahrscheinlich nicht. Die sind eher verschwommen oder das ist so Mischgestein oder Boden, die sind dann ja vermischt.

(147-176)
Ich würde schon sagen, das gehört alles mit zum Boden dazu. Irgendwann wird es ja flüssig. Je tiefer man kommt, desto wärmer wird es, das ist dann so der Kern. Das gehört nicht mehr dazu. Wenn man die Erde jetzt als Ganzes betrachtet oder so im Querschnitt, dann ist der Boden wieder die Hülle. Und dann kommt der Kern. Aber wenn man darauf steht, ist das Boden. Keine Ahnung, wie tief das runter geht. Ich weiß jetzt noch nicht einmal den Durchmesser der Erde. Das geht schon eine ganze Ecke runter. Weiß nicht, wie tief sind denn solche Steinkohleschächte? Eineinhalb Kilometer, nein mehr noch, glaube ich. Aber dieser ganze feste Bereich würde mit zum Boden dazu gehören. Die Erde würde vielleicht 20 Meter runter gehen. Die Steinkohle, könnte ich mir vorstellen, dass die auch noch etwas höher liegt, als ich da jetzt eingezeichnet habe.

(177-196)
Bodenentstehung (Material 1, Anhang I): Genauso, ungefähr, meinte ich das. Hier ist das ja mit mehreren Schichten, dass erst die Erde kommt und dann die Steine. Bei dem ersten Bild da ist durch verschiedene Einflüsse, egal welcher Art, diese Erde einfach nicht zu Stande gekommen oder wurde abgetragen, von Wind und Wetter weggespült, so dass einfach nur noch diese Steinschicht da ist, wie beim Steinbruch. Da findet man ja auch noch solche Fossilien und Quatsch. Oder da war nie Erde.

(197-202)
Ja, wie kommt Erde zu Stande? Durch Wind und Wetter oder so. Gute Frage, weiß ich nicht. Nein, ich glaube, zu Stande kommt sie, weiß ich nicht, doof ausgedrückt oder vielleicht war da einfach nie Erde und hier halt wohl.

(202-229)
Irgendwie müssen sich diese Schichten abtragen. Was heißt abtragen, anlagern. Und deswegen, weiß ich nicht, ist das dann wahrscheinlich eine jüngere Schicht, die dann da drüber ist. Ich weiß nicht woher die Erde kommt. Wie entsteht Erde? Durch Pflanzenreste oder so, keine Ahnung. Durch so was, so entsteht ja auch Braunkohle. Ich würde sagen, dass die Bildung von Erde ein ähnlicher Vorgang ist, wie die Bildung von Braunkohle. Ich kann es mir nicht anders vorstellen. Oder vielleicht durch Steine, ganz kleine, feine Steine. Hab ich mich auch ehrlich gesagt noch nicht mit auseinandergesetzt, wie Erde kommt.

(230-244)
Die Erde ist wohl eine jüngere Schicht. Die ist zehntausend Jahre alt oder so, ich weiß es nicht. Ich überleg gerade, wann die Neandertaler da waren, aber auf jeden Fall ist die ja jetzt nicht so jung wie zehn Jahre, oder so. Das glaube ich auf keinen Fall. Ich schätze, sie hat schon ein paar Jährchen auf dem Buckel.

(245-275)
Wenn es den Boden nicht geben würde, dann hätte dieser ganze Planet keine richtige feste Hülle. Diese Schichten sind ja stabil. Und dann wäre das ja komplett instabil, das ging gar nicht. Dann gäbe es den ganzen Planeten Erde nicht. Und wenn es die Erde nicht geben würde, dann gäbe es eigentlich kein Leben, weil auf diesen Steinschichten kann man ja nichts anbauen, keine Bäume und so. Dann gäbe es eigentlich keine Pflanzen, nur solche, die sich halt diesen Bedingungen anpassen könnten und das sind ja nicht gerade viele. Es sähe ziemlich kahl aus. Ja, die ganzen Folgeerscheinungen von, wenn man kein Leben hat. Also keine Tiere, keine Menschen, keine Lebensformen sozusagen. Oder vielleicht wohl, aber keine höher entwickelten Lebensformen, wie Tiere oder so. Oder nur kleine, die sich solchen Bedingungen anpassen können. Aber wenn die Erde nicht begrünt wäre, dann ging das auch gar nicht, mit dem Sauerstoff umwandeln und so.

(276-286)
Ich habe nicht die ausgeprägteste Beziehung zum Boden, würde ich sagen. Ich war mal in einem Museum für Steinkohle. Aber ich würde nie auf die Idee kommen, in den Wald zu fahren, zu buddeln und zu gucken was kommt. Vielleicht die Bedeutung, dass es mich ohne Erde nicht geben würde.
(287-299)
Die Erde, wie sie jetzt hier ist, mit dem, was darauf wächst, dass ist die entscheidendste Beziehung, weil ohne Erde und dem, was darauf wächst, wäre das Leben ja unmöglich. Und deswegen würde ich schon sagen, dass das in einer engen Beziehung steht, aber ich glaube, dass ein Bauer, der da auf der Erde irgendetwas anbaut, eine engere Beziehung zu seinem Land hat, als ich, der in der Stadt wohnt und das eigentlich gar nicht kennt. Diese Bedeutung von Land, wo man was drauf anbaut. Oder, natürlich weiß ich, dass es überlebenswichtig ist, aber so direkt eigentlich nicht.

(300-309)
Erde oder Boden ist mir begegnet, als wir ein neues Haus gebaut haben: einen Schacht ausheben und dann für den Garten brauchten wir Mutterboden. Wir waren mal im Steinbruch. Ja, da ist jetzt wieder Boden sozusagen. Wenn man an Baustellen oder so vorbeifährt, diese ganzen verschiedenen Schichten von Stein und Erde und was weiß ich und Sand.

(310-331)
Erde oder Boden in zwanzig oder fünfzig oder tausend Jahren ist, wenn es eine neue Eiszeit gibt, dann sehr kalt, aber das weiß man ja nicht. Ich weiß ja nicht, wie das mit dem Klima dann aussieht. Was ich gehört habe, dass es irgendwann mal eine neue Eiszeit gibt. Dann ist es kalt und gefroren. Und nicht so grün. Ich glaube, es würde sich nicht groß was tun in hundert Jahren. Ich kann mir das nicht vorstellen. Wer weiß, was in zehntausend Jahren ist? Aber was passieren wird mit Sicherheit. Aber nein, eigentlich nicht, wüsste ich nichts. Ich kann mir nicht vorstellen, dass irgendetwas anderes ist.

(332-368)
Wenn man eine Asphaltschicht (Beton) über die Erde drüber macht, hat das mit Sicherheit Auswirkungen. Es gibt weniger Pflanzewachstum, weil da kein Platz mehr ist zum Wurzeln schlagen für Bäume. Außerdem wird das Auswirkungen auf Wasser haben, weil hierdurch das Wasser auch gereinigt wird und wenn es Beton gibt, dann kann das Wasser nirgendwo abfließen. Normalerweise sickert das dann irgendwo ein und durch die ganzen Schichten wird es dann gereinigt. Was weiß ich, wie tief das Wasser dann fließt. Ach ja, noch eine Bedeutung von Erde. Sie säubert das Wasser. Bis es dann zum Grundwasser geht, aber wenn die ganze Erde voll asphaltiert ist, dann kann es ja nirgendwo abfließen. Es sei denn, man baut entsprechende Abflüsse. Dann kommt es wohl zu einer Überschwemmung. Oder es verdunstet. Es gibt weniger Pflanzenwachstum und sähe nicht besonders schön aus. Und die Lebensqualität würde verringert, wenn alles voller Asphalt wäre. Man könnte nichts mehr auf der Erde anbauen, weil sich auf Asphalt ja bekanntlich nichts anbauen lässt, außer Häusern, und die baut man ja nicht an.

(369-384)
Boden, oder Erde, ist durch Umweltverschmutzung gefährdet. Zum Beispiel wenn irgendwelcher Atommüll irgendwo eingegraben wird. In Salzbergwerken, glaube ich, wird der gelagert. Oder irgendwelche Schädlingsbekämpfer, die da auf irgendwelche Äcker gesprüht werden. Die gehen dann ja auch irgendwie in den Boden und dann kann man nichts mehr darauf anbauen. Zur Umweltverschmutzung zählt auf jeden Fall die Schädlingsbekämpfung.

(385-414)
Atommüll wird in Salzbergwerken gelagert. Ich glaub zwar nicht, dass das gut ist, aber wenn es gefährlich wäre, so im höheren Maße, dann würde man das ja nicht machen. Längerfristig hätte das wohl Auswirkungen, aber im Moment, weiß ich nicht. Oder längerfristig, könnte ich mir vorstellen, also

Atommüll ist ja nicht gerade das Beste, was man der Umwelt antun kann. An solchen Stellen wächst nichts mehr, oder wenn was wächst, dass das irgendwie radioaktiv verseucht ist oder so. Oder in Tschernobyl, da war ja auch die Erde verseucht, irgendwie radioaktiv und die Kühe, die das gefressen haben, haben dann radioaktive Milch gegeben. In Bayern sogar noch. Das ist nicht gerade gesund. Man hört immer nur von dieser gefährlichen radioaktiven Strahlung. Es kommt mit Sicherheit auch zu erhöhten Blutkrebsrisiko, oder so, durch diesen Müll, oder zu sonst irgendwelchen Erkrankungen. Die Säuglingssterberate ist, glaube ich, auch höher in solchen Gebieten. Ich weiß es nicht. Also da gibt es schon eine ganze Menge.

(415-433)
Wenn man den Giftmüll zum Beispiel in irgendwelche Seen tut und dann die Fässer verrosten, dann sterben die Fische. Also es hat andere Auswirkungen, oder auch die Gleichen, aber es kommt auf das Gift an, was da entsorgt wird. Wahrscheinlich gelangt es ins Wasser, versickert.

(434-443)
Giftmüll, Atommüll kommen von der Industrie würde ich sagen. Atommüll ist ja klar, durch irgendwelche Kernkraftwerke. Atom, also Stoff, der sich nicht wieder aufbereiten lässt, der muss ja irgendwohin. Und Giftmüll, durch industrielle Abfälle, mit denen sie nichts mehr anfangen können.
(444-489)
Wenn die Bauern über ihre Äcker fahren, mit so Zeugs, was die ganzen Schädlinge tötet, das geht auch in den Boden. Und das greift, wenn es in Massen betrieben wird, natürlich auch den Boden an. Das kann ja nicht gut sein. Irgendwann wird da nichts mehr drauf wachsen. Außerdem versickert das Zeug. Es muss ja irgendwo bleiben, es bekämpft ja nicht Schädlinge und verschwindet dann. Und das lagert sich dann in der Erde an und wenn man dann was Neues anpflanzt, vielleicht greift das dann das an. Ich würde sagen, wenn man hier drüber fährt und das spritzt hier, oder je nach dem, vielleicht versickert es auch und geht ins Wasser. Vielleicht greift es die Erde an sich an, vielleicht sind in der Erde irgendwelche Bakterien, die man zum Wachsen braucht und vielleicht greift dieses Giftzeug (Schädlingsbekämpfer) das an und dann ist der Boden irgendwann nicht mehr von solcher Qualität, dass man da was anbauen kann. Oder wenn, dann ist das Zeug in den Pflanzen drin, weil es bleibt da ja im Boden. Wenn das in den Pflanzen vorhanden ist, ist das ja Gift und wenn man das dann erntet und daraus was weiß ich was macht, Brot oder so, dann ist das da drin. Es ist ungesund, also Schädlingsbekämpfer würde ich nicht so gerne zu mir nehmen.

(490-499)
Ein weiteres Beispiele für die Umweltverschmutzung, das ist zwar jetzt, glaube ich, nicht so schwerwiegend, aber wenn alle ihren Müll weg-, rumschmeißen oder in irgendwelche Beete oder eine Coladose, die dann da vergessen wird. Ich glaube nicht, dass das so entscheidend schlimm ist.

(500-512)
Pflanzen (Bäume, alles was auf der Erde wächst) nehmen das Wasser aus dem Boden durch ihre Wurzeln auf und brauchen das zum Wachsen. Deswegen ist es lebenswichtig für Pflanze. Für uns ja sowieso und der Boden ist wiederum wichtig für das Wasser, dass es dadurch gereinigt wird und das ist ja wieder wichtig für uns.

(513-594)
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser: Das sieht so aus, wie ein Acker und mitten durch ist ein (da sind mehrere) Riss(e). Und im Hintergrund ein Wald. Wie könnte dieser Riss entstanden sein? Das sieht so aus, als wenn da ziemlich viel Regen runtergekommen ist und der Regen den Boden aufgeweicht hat und das Wasser da durch geflossen ist. Ich kann mir nicht vorstellen, dass es mit irgendwelcher Plattenverschiebung was zu tun hat. Also hier in Deutschland ist ja keine Plattengrenze, weiß ich nicht und auch ein schwerwiegendes Erdbeben kann es nicht gewesen sein. Das wird zu ei-

nem Wasserabfluss, der allerdings nicht geplant ist. Ja, würde ich sagen, dass da Wasser durch abfließt oder wohin es fließt. Das ist wahrscheinlich nicht mehr so gut zu bewirtschaften, da mit dem Trecker durch diesen riesigen Graben fahren. Was heißt riesigen Graben, aber es ist ja schon kein kleiner. Es ist nicht mehr gut, was anzubauen. Es könnte sich schwer gestalten, es irgendwomit aufzufüllen. Ich weiß es nicht, wenn man da jetzt was anderes reintut, ob das irgendwelche Auswirkungen hat, wenn man dann noch mal was anbaut. Es sieht so ein bisschen matschig aus, also nass. Es könnte auch genau das Gegenteil sein, dass es einfach heiß war und dass dem Boden das Wasser fehlt und dann reißt der ja auch auf, das sieht man ja auch in der Wüste. Diese beiden Möglichkeiten.

(595-636)
Ich könnte mir vorstellen, dass Wind auch mit irgendwelchen komischen Schichten was zu tun hat. Wind kann den Boden ja verändern. Ich denk jetzt zum Beispiel an die Kanaren, da wird Sand aus der Sahara durch den Wind übers Meer getragen. Der Wind kann Boden abtragen durch seine Kraft und ihn dann auch irgendwo hin tragen. Und so können zum Beispiel auch verschiedene Schichten entstehen. Wenn etwas abgetragen wird, dann verschwindet Erde, Boden, Schichten, weil der Wind sie wegträgt und beim Anderen kommen sie dann hinzu. Zum Beispiel, wenn das jetzt für so eine Region komplett untypisch wäre, dass dann da Boden ist, der da normalerweise gar nicht sein könnte, auf Grund von Klima, was weiß ich. Dass das durch den Wind halt doch so geschieht. Vielleicht hat das Auswirkungen auf irgendwelche Pflanzen, die da wachsen können bzw. nicht wachsen können. Und wenn es Auswirkungen auf die Pflanzen hat, hat es wahrscheinlich auch Auswirkungen auf die Tierwelt, die sich dann davon ernährt. Und vielleicht kann man den Boden besser oder schlechter als Baugrund nehmen. Und wenn der Wind das abträgt, gibt der dann auch ganz neue Sachen frei. Zum Beispiel kommt da so ein Steinbruch, in dem sich dann eine Schicht befindet, die zehn Millionen Jahre älter ist als die, die vorher da war. Man kriegt da völlig neue Erkenntnisse, irgendwelche Fossilien oder so.

(636-677)
Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind: Entweder ist es Schnee. Also ich schätze es ist wieder irgendein Acker. Durch diese Linien. Im Hintergrund ist wieder Wald. Ich glaube, dass das Wind ist. Weil hier erkennt man, dass der Wind sich irgendwie Sand nimmt und den weiter trägt und der Sand da so rüber fliegt. Es hat garantiert Auswirkungen, aber mir fällt jetzt nicht ein, welche es haben könnte. Doch klar, wenn die Schicht abgetragen wird und dann die Samen für die neuen Pflanzen oder so oben darin liegen, dann werden die natürlich auch weggeweht und dann hat man da nichts mehr von dem was man angebaut hat. Ich glaube, dass das, was oben liegt, ja fein ist. Es kommt auch auf die Stärke des Windes an. Außer von diesem ganz Festen, von diesem Stein. Aus einem Steinbruch glaube ich kaum, dass da irgendetwas fortgeweht wird. Je kleiner, desto einfacher wird es weggeweht und desto leichter. Zum Beispiel dieses Zeug, das Feine, könnte ich mir vorstellen, dass das wohl direkt weggeweht werden würde.

(678-722)
Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode: Ich schätze mal, der Nagel wurde ja bis ganz zum Anschlag reingeschlagen, dass durch äußere Einflüsse, wie zum Beispiel Wind, Wasser, oder so, die Erde (Schicht) hier Stück für Stück abgetragen oder weggeschwemmt wurde und dass der Nagel dann irgendwann weiter rausguckt. (Vergleicht die Bilderabfolge B1-B4) Ich würde sagen, hier ist der Boden am festesten (B4) und hier nicht unbedingt (B1-2). Und hier sieht er ziemlich trocken aus, eben durch diese Risse (B4). Also muss er ja sein, sonst könnte er nicht weg durch den Wind. Er sieht nicht so trocken aus, wie beim letzten Bild. Ja und auch das hier ist mehr so eine Schicht (Ebene) (B4) und hier nicht (B1-2). Es ist verschieden hoch. Es ist so ein langsamer Übergang. Hier sieht die Erde verschieden aus (B1) und hier komplett gleich (B4) und hier sind die beiden Übergangsbilder (B2-3). Wenn das jetzt theoretisch immer so weiter gehen würde, dann wäre irgendwann die ganze Erde weg, aber das ist ja nicht so. Was hat das für Folgen? Keine Ahnung, fällt mir jetzt nichts zu ein.

(723-744)
Durch Autos oder Flugzeuge entstehen Abgase und die gehen dann irgendwie, wie auch immer, in den Boden. Also vorstellen könnte ich es mir, wie das genau funktioniert, wüsste ich nicht. Dieser Smog, der da entsteht, dass der in die Pflanzen geht und durch die in den Boden? Oder die Luft ist ja auch direkt an der Erde und auch in der Erde und dass das dann ein fließender Übergang ist. Ich weiß es nicht. Die Abgase würden dann wieder Giftstoffe zufügen, denke ich. Die Auswirkungen wären nicht so Schlimme wie bei dem Giftmüll oder bei der Schädlingsbekämpfung, denn wenn das so schlimme Auswirkungen hätte, würde man es ja jetzt schon merken.

(746-752)
Eine andere Bedeutung von der Luft für den Boden entsteht durch Luftfeuchtigkeit. Dadurch entstehen ja auch ein bestimmtes Klima und bestimmte Pflanzen. Wenn zum Beispiel irgendwelche Sümpfe, durch was weiß ich auch immer, austrocknen oder so und wieder eine neue Schicht darauf kommt. So ist ja auch die Braunkohle entstanden, durch diese Verhältnisse, durch die Luftfeuchtigkeit oder Temperatur.

(753-812)
Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I): Das hat, glaube ich, dann auch was mit der Luft zu tun. Vor allem durch den sauren Regen. Was das genau ist, das weiß ich jetzt leider gar nicht. Aber dass der sich dann im Boden festsetzt und die Giftstoffe, die darin enthalten sind, setzen sich dann in den Waldböden fest. Dann kommt es auch zu diesen Waldschäden. Ich weiß nicht, wie der saure Regen entsteht. Durch bestimmte Autoabgase. Wie die Autoabgase dann zum Regen werden, weiß ich nicht so genau. Vielleicht sind die Autoabgase irgendwie in den Wolken drin. Und das regnet irgendwann und kommt dann wieder auf den Boden und dann geht das wieder ins Grundwasser und dann geht das immer so weiter. Atomkraftwerke kriegen doch auch sauren Regen, oder so? Habe ich mal was von gehört, dass diese Radioaktivität durch Regen oder Wolken weiter getragen werden kann und dann auch irgendwann zu Boden regnet. Waldschäden heißt zum Beispiel, dass die Bäume nicht mehr so dicht sind, dass sie nicht mehr so viele Blätter haben oder ganz absterben. Ich glaube, die an Autobahnen gelegenen Wälder sind kahler, als wenn man weiter in den Wald reinkommt und das liegt an diesen Abgase, die dann auch das Wachstum der Bäume angreifen. Die Bäume haben ihre Wurzeln bekanntlich im Boden und dass diese Giftstoffe, die im Boden drin sind, durch sauren Regen von den Bäumen aufgenommen werden und dadurch nicht mehr so dichte Kronen haben. Das hat sicherlich auch Folgen auf die Luft, weil Bäume diesen Kohlenstoffdingsbums da in Sauerstoff umwandeln. Und wenn es keine Bäume mehr gibt, dann wird das auch nicht mehr umgewandelt. Wenn der Wald kaputt ist, dann werden auch die Tiere nicht mehr so leben können wie vorher.

(813-844)
Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I): Das ist der Säurewert. Wir haben in Chemie mal drüber geredet. Ob eine Säure sauer ist oder basisch, oder so. 1980 hat der Boden einen pH-Wert von 6,5 und 2000 einen von 4. Es ist so entstanden, dass immer mehr Leute Auto fahren und dass auch immer mehr Abgase in die Umwelt gelangen, aber sonst kann ich da nicht wirklich was mit anfangen.

(845-883)
Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung: Das Wasser fließt nicht ab. Oder es ist noch nicht solange her, dass es geregnet hat. Also hier im Vordergrund sind Spuren vom Traktor. Im Hintergrund auch, dahinten ist ein Bauernhof. Hier eine Straße. Da ist ein Feld, das so aussieht, als würde es gerade im Moment nicht bewirtschaftet werden. Im Gegensatz zu dem da drüben. Vielleicht ist es auch nur eine Wiese, also die ist ja saftig grün sozusagen. Und hier ist ja nichts. Das ist einfach nur Chaos, kreuz und quer da drüber gefahren und das Wasser steht in Pfützen. Entweder fließt das Wasser nicht ab oder es hat gerade erst geregnet, dass es noch nicht abgeflossen ist. Ich glaub, es ist einfach noch nicht so lange her, dass es geregnet hat. Da sieht man auch noch so dichte Wolken im Hintergrund. Oder der Boden ist so fest oder völlig durchweicht, dass der Boden nicht noch mehr Wasser aufneh-

men kann. Komplett schon nass oder aufgeweicht. Das könnte natürlich auch sein, er ist ja auch ziemlich matschig. Aber ich denke, das ist es eher nicht. Das versickert noch.

(884-939)
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt: Die Probe ist fester, da ist auf jeden Fall weniger Luft drin. Trockener weiß ich nicht, nein, ich würde eher sagen, die ist feuchter, matschiger, dichter (aneinander gepresst) als die hier, nicht so locker. Hat eine höhere Dichte. Ich würde sagen, dass die Probe *(Boden zusammengedrückt)* besser zu dem Bild passt *(Treckerspuren).* Wenn man auf den Boden Wasser kippen würde, dann sähe die Erde irgendwann genauso aus wie die hier. Vielleicht nicht mit den ganzen Steinen, (zeigt auf Rendzina P1), aber doch. Und hier ist mehr Wasser drin als da. Und dass in dem Boden dann auch schon so viel Wasser ist, dass der, durchgeweicht nicht, aber weiß ich nicht, der ist ja ziemlich hart (ausgehärtet). Das klingt ziemlich schwachsinnig, ich glaube auch nicht dass das stimmt. Ich weiß es nicht, schwierig. Weil der Boden (P1) das Wasser mehr oder besser und schneller aufnimmt als das (zeigt auf festgedrückten Boden). Weil der so hart ist und hier ist es noch so luftig und locker, da kann das Wasser einfach besser rein oder durchsickern als hier, das ist so eine feste Schicht. Der nimmt garantiert auch noch Wasser auf, aber der andere wesentlich besser. Hier (beim lockeren Boden) ist es einfacher etwas darauf anzupflanzen, anzubauen als auf diesem Festen, da geht das einfach nicht oder schwieriger durch. Deswegen muss man ja auch immer schön seinen Garten umpflügen, damit der Boden nicht so hart wird. Weitere Folgen fallen mir nicht ein.

(946-953)
Begriff *Bodenerosion*: Gehört habe ich ihn schon mal, aber ich weiß überhaupt nicht mehr in welchem Zusammenhang. Erodieren. Mir fällt nicht ein, was er bedeutet.

(954-971)
Bodenverdichtung: Dass der Boden immer dichter und immer härter wird. Könnte ich mir vorstellen, aber ganz genau sagen, kann ich es nicht.

(972-979)
Bodenversauerung: Das ist das mit diesem, dass der Boden immer saurer wird. Das, was auch gerade in der Überschrift stand.

(980-997)
Mich interessiert das immer, mit diesen Gruben, also im Ruhrgebiet kommt das ja mal vor, dass Boden irgendwie einfach so runter geht, durch Schächte, oder so. Aber ich weiß nicht, ob das direkt mit Boden zu tun hat? Mit diesen Fossilien, das interessiert mich wohl, so ein bisschen, mit diesen Steinbrüchen und auch diese Entstehung der verschiedenen Schichten. Also, wenn ich jetzt die Zeitung aufschlage und irgendetwas über Boden lese, ich glaube, das würde ich generell nicht so nicht lesen.

(998-1025) I
Ich habe früher gerne solche Bücher gelesen, auch wenn es bekloppt ist, ich habe mir früher immer irgendwelche Atlanten geschnappt und die einfach irgendwie durchgelesen. Und da steht das ja auch in manchen drin. Und dann hatten wir in der Schule so ein Ding von „Jugend forscht“. Da waren auch verschiedenen Schichten, über Boden. Und das habe ich mir halt mal durchgelesen. Daher wusste ich auch, dass es diese verschiedenen Schichten gibt. Und auch durch den Unterricht, da haben wir nämlich Steinkohle und so durchgenommen. Daher wusste ich das auch, das war aber noch in der Grundschule. Und durchs Lesen.

Ben - Geordnete Aussage

Boden

Bodenproben Ansprache (1-18)
Probe Rendzina P1, Probe Gartenerde P2: Ich würde sagen, beides ist Erde. *P1* ist grober, oben drauf sind die Steine grober. Es ist kein Holz drin. In *P2* sind nur so ein paar Steine. Da ist noch Holz drin. Außerdem ist die Erde dunkler. Wenn man dann tiefer geht, dann ist das eigentlich feiner.

Boden Begriffsbestimmung (19-41) (42-61) (147-176)
Erde ist das, was in den Beeten rumliegt. Es ist grober als Sand, der am Strand rumliegt, schwerer und feuchter und von der Farbe auch wesentlich dunkler. **Mutterboden** sozusagen. Was das genau ist, weiß ich nicht. Erde ist das, was unter dem Boden kommt.
Boden, das sind mehrere (verschiedene) Schichten. Boden ist eigentlich erstmal nur die unterste Schicht. Das ist ja alles asphaltiert, da drunter kommt dann Erde. Und der Asphalt ist dann der Boden. Das gehört alles mit zum Boden dazu. Irgendwann wird es flüssig. Je tiefer man kommt, desto wärmer wird es, das ist dann der Kern. Das gehört nicht mehr dazu. Wenn man die Erde als Ganzes betrachtet oder im Querschnitt, dann ist der Boden wieder die Hülle. Und dann kommt der Kern. Aber wenn man darauf steht, ist das Boden.

Boden Aufbau (19-41) (42-61) (87-124)
Boden, das sind mehrere (verschiedene) Schichten. Je tiefer die Schichten sind, desto älter sind die. Wenn ich hier draußen auf einer Wiese stehen würde, ist da erstmal der Rasen unter mir. Dann kommt die Erde, dieses lockere Zeug und irgendwann wird es immer fester. Erde und dann kommen diese verschiedenen Steinschichten (Geröllschichten, Erdschichten). In der Erde sind noch ein paar Wurzeln und so, wenn da ein Baum steht. Das eine ist Steinkohle oder Braunkohle, vielleicht auch noch ein Dinosaurierknochen, der ist am untersten, weil der am ältesten ist. Braunkohle und Steinkohle liegen nicht direkt übereinander. Steinkohle hat ja auch schon ein paar Jahre auf dem Buckel. Braunkohle ist aus Sumpfgebieten entstanden, ne? Wenn das da mal war, dann ist hier an der Seite vielleicht Braunkohle. Ich weiß aber nicht, wie die vielen verschiedenen anderen Schichten heißen.

Schichten Unterschiede (19-41) (125-146)
Je tiefer die Schichten sind, desto älter sind die. Die Schichten unterschieden sich durch ihre Art, ihre Festigkeit, vielleicht auch durch ihren Wasser- oder Luftanteil, ihren Aufbau, ihre Struktur. Diese Unterschiede kommen durch die Klimaveränderung, weil früher hier mal, zu Zeiten der Dinos, Tropenwald und so war. Dann hat sich das alles verändert und dann kamen zum Beispiel Gletscher. Der Gletscher hat Steine vor sich her getragen und dann wieder eine neue Schicht drüber gebracht. Und dann gab es bestimmt so Verwehungen durch den Wind. So hat sich das dann alles entwickelt. Ich glaube, so klar sind die Grenzen zwischen den Schichten wahrscheinlich nicht. Die sind eher verschwommen oder das ist Mischgestein oder Boden, die sind dann ja vermischt.

Boden Bestandteile (62-86)
Wenn ich mit einem Spaten ein Stück aus dem Boden raus steche, finde ich ganz viele Tiere. Auch die man nicht sieht halt. Und Erde. Es kommt darauf an, wo. Hier sind mehr Steine drin, ein paar Wurzeln, Holzstückchen und Regenwürmer vielleicht. Bestimmt irgendwelche Bakterien. Aber die sehe ich ja nicht. Und diese ganzen komischen Chemikalien, Luft, Wasser und so weiter. Und je tiefer man kommt, dann irgendwann auch so Kohlezeugs.

Bodenentstehung (197-202) (202-229) (230-244)
Ich weiß nicht, wie Erde zustande kommt. Durch Wind und Wetter oder so. Vielleicht war da einfach nie Erde und hier halt wohl. Irgendwie müssen sich diese Schichten anlagern. Und das ist dann wahrscheinlich eine jüngere Schicht, die dann da drüber ist. Ich weiß nicht, woher die Erde kommt. Durch Pflanzenreste oder so, keine Ahnung. So entsteht ja auch Braunkohle. Ich würde sagen, dass die Bildung von Erde ein ähnlicher Vorgang ist, wie die Bildung von Braunkohle. Ich kann es mir nicht anders vorstellen. Oder vielleicht durch Steine, ganz kleine feine Steine. Hab ich mich auch noch nicht mit auseinandergesetzt, wie Erde kommt. Die Erde ist wohl eine jüngere Schicht, zehntausend Jahre alt oder so. Ich überleg gerade so, wann die Neandertaler da waren, aber auf jeden Fall ist die nicht so jung wie zehn Jahre oder so. Ich schätze, sie hat schon ein paar Jährchen auf dem Buckel.

Mächtigkeit (147-176)
Ich würde schon sagen, das (die Schichten) gehört alles mit zum Boden dazu. Irgendwann wird es flüssig. Das ist dann der Kern. Das gehört nicht mehr dazu. Wenn man die Erde jetzt als Ganzes betrachtet oder im Querschnitt, dann ist der Boden wieder die Hülle. Und dann kommt der Kern. Keine Ahnung, wie tief das runter geht, schon eine ganze Ecke. Ich weiß jetzt noch nicht einmal den Durchmesser der Erde. Wie tief sind denn solche Steinkohleschächte? Eineinhalb Kilometer, mehr noch, ich weiß es nicht so genau. Aber dieser ganze feste Bereich würde mit zum Boden dazu gehören. Die Erde würde vielleicht 20 Meter runter gehen. Die Steinkohle, könnte ich mir vorstellen, dass die auch noch etwas höher liegt, als ich da jetzt eingezeichnet habe.

Bodenfunktionen (245-275) (276-286) (287-299) (332-368) (500-512)
Wenn es den Boden nicht geben würde, dann hätte dieser Planet keine richtige feste Hülle. Diese Schichten sind ja stabil. Und dann wäre das komplett instabil, das ging gar nicht. Dann gäbe es den ganzen Planeten Erde nicht. Und wenn es die Erde nicht geben würde, dann gäbe es kein Leben, weil man auf diesen Steinschichten nichts (keine Bäume) anbauen kann (darauf wächst). Dann wäre das Leben unmöglich. Dann gäbe es keine Pflanzen, nur solche, die sich diesen Bedingungen anpassen könnten und das sind nicht gerade viele. Es sähe ziemlich kahl aus. Die ganzen Folgeerscheinungen davon, wenn man kein Leben hat. Keine Tiere, keine Menschen, keine Lebensformen. Oder vielleicht wohl, aber keine höher entwickelten Lebewesen, wie Tiere. Oder nur kleine, die sich solchen Bedingungen anpassen können. Aber wenn die Erde nicht begrünt wäre, dann ging das mit dem Sauerstoff umwandeln auch gar nicht. Es würde mich ohne Erde nicht geben. Ich glaube, dass ein Bauer, der auf der Erde irgendetwas anbaut, eine engere Beziehung zu seinem Land hat, als ich, der in der Stadt wohnt und das eigentlich gar nicht kennt. Natürlich weiß ich, dass es überlebenswichtig ist, aber so direkt eigentlich nicht. Normalerweise sickert das Wasser irgendwo ein und durch die ganzen Schichten wird es dann gereinigt (gesäubert). Es gibt weniger Pflanzenwachstum und sähe nicht besonders schön aus. Die Lebensqualität würde verringert, wenn alles voller Asphalt wäre.

Bodenveränderung / Bodenzerstörung
Veränderungen allgemein (310-331)
Erde oder Boden in zwanzig (fünfzig, tausend) Jahren: Ich habe gehört, dass es irgendwann mal eine neue Eiszeit gibt. Dann ist die Erde kalt und gefroren. Und nicht so grün. Ich glaube es würde sich nicht groß was tun in hundert Jahren oder kann ich mir nicht vorstellen. Wer weiß, was in zehntausend Jahren ist. Was passieren wird mit Sicherheit. Aber nein, ich kann mir nicht vorstellen, dass irgendetwas anders ist.

Umweltverschmutzung (369-384) (385-414) (415-433) (434-443) (444-489) (490-499) (723-744)
Boden oder Erde ist durch Umweltverschmutzung gefährdet. Zum Beispiel, wenn **Atommüll** eingegraben wird. In Salzbergwerken wird der gelagert. Ich glaub zwar nicht, dass das gut ist, aber wenn es im höheren Maße gefährlich wäre, dann würde man das ja nicht machen. Längerfristig hätte das wohl Auswirkungen. Atommüll ist ja nicht gerade das Beste, was man der Umwelt antun kann. An solchen Stellen wächst nichts mehr, oder wenn was wächst, ist das radioaktiv verseucht. In Tschernobyl war auch die Erde radioaktiv verseucht und die Kühe, die das gefressen haben, haben dann radioaktive Milch gegeben. In Bayern sogar noch. Das ist nicht gerade gesund. Man hört immer nur von dieser gefährlichen radioaktiven Strahlung. Es kommt mit Sicherheit durch diesen Müll auch zu erhöhtem Blutkrebsrisiko oder zu sonst irgendwelchen Erkrankungen. Die Säuglingssterberate ist glaube ich auch höher in solchen Gebieten. Wenn man **Giftmüll** in irgendwelche Seen tut und dann die Fässer verrosten, dann sterben die Fische. Also, es hat andere Auswirkungen als Atommüll, oder auch die gleichen, aber es kommt auf das Gift an, was da entsorgt wird. Wahrscheinlich gelangt es ins Wasser, versickert.
Giftmüll, Atommüll kommen von der Industrie. Atommüll ist durch Kernkraftwerke. Atom, also Stoff, der sich nicht wieder aufbereiten lässt, der muss ja irgendwo hin. Und Giftmüll durch industrielle Abfälle, mit denen sie nichts mehr anfangen können. **Schädlingsbekämpfer**, die auf Äcker gesprüht werden, gehen (versickern) in den Boden und dann kann man nichts mehr darauf anbauen und sie gehen ins Wasser. Das greift, wenn es in den Massen betrieben wird, natürlich auch den Boden an. Das kann ja nicht gut sein. Irgendwann wird da nichts mehr drauf wachsen. Es muss irgendwo bleiben, es bekämpft ja nicht Schädlinge und verschwindet dann. Und das lagert sich dann in der Erde an und

vielleicht greift das dann das an, was neu angepflanzt wurde. Vielleicht greift Giftzeug (Schädlingsbekämpfer) die Erde an sich oder Bakterien, die man zum Wachsen braucht, an und dann ist der Boden nicht mehr von solcher Qualität, dass man da was anbauen kann, oder das Zeug ist in den Pflanzen drin, weil es bleibt da ja im Boden. Wenn das in den Pflanzen vorhanden ist, ist das ja Gift und wenn man das dann erntet und daraus z.B. Brot macht, dann ist das da drin. Es ist ungesund. Schädlingsbekämpfer würde ich nicht so gerne zu mir nehmen. **Abgase:** Durch Autos oder Flugzeuge entstehen **Abgase** und die gehen vielleicht in den Boden. Wie das genau funktioniert, wüsste ich nicht. Dieser Smog, der da entsteht, dass der in die Pflanzen geht und durch die in den Boden? Oder die Luft ist ja auch direkt an der Erde und in der Erde und dass das dann ein fließender Übergang ist. Die Abgase würden dann wieder Giftstoffe zufügen. Die Auswirkungen wären nicht so schlimme wie beim Giftmüll oder bei der Schädlingsbekämpfung, denn sonst würde man es jetzt schon merken. Ein weiteres Beispiel für die Umweltverschmutzung, das zwar nicht so schwerwiegend (entscheidend schlimm) ist, ist **Müll.** Wenn alle ihren Müll weg-, rumschmeißen, in irgendwelche Beete oder eine Coladose vergessen wird.

Bebauen (332-368)
Wenn man eine Asphaltschicht (Beton) über die Erde drüber macht, hat das mit Sicherheit Auswirkungen. Es gibt weniger Pflanzenwachstum, weil da kein Platz mehr ist zum Wurzeln schlagen für Bäume. Das sähe nicht besonders schön aus und die Lebensqualität würde verringert. Außerdem wird das Auswirkungen auf das Wasser haben. Normalerweise sickert das ein und durch die ganzen Schichten wird es dann gereinigt. Wenn es Beton gibt (die ganze Erde voll asphaltiert ist), dann kann das Wasser nirgendwo abfließen. Es sei denn man baut entsprechende Abflüsse. Dann kommt es wohl zu einer Überschwemmung. Oder es verdunstet. Man könnte nichts mehr auf der Erde anbauen, weil sich auf Asphalt bekanntlich nichts anbauen lässt. Außer Häuser, und die baut man nicht an.

Bedeutung Wasser (500-512)
Pflanzen (Bäume, alles was auf der Erde wächst) nehmen durch ihre Wurzeln das Wasser aus dem Boden auf und brauchen das zum Wachsen. Deswegen ist es lebenswichtig für Pflanzen. Der Boden ist wiederum wichtig für das Wasser, dass es dadurch gereinigt wird und das ist ja wieder wichtig für uns.

Bodenerosion
Begriff Bodenerosion (946-953)
Gehört habe ich den Begriff schon mal, aber ich weiß überhaupt nicht mehr, in welchem Zusammenhang. Erodieren. Mir fällt nicht ein, was er bedeutet.

Wassererosion
Material 2, Anhang I: Foto Bodenerosion Wasser (513-594)
Ursachen
Das sieht aus wie ein Acker und mitten durch ist ein (sind mehrere) Riss(e). Im Hintergrund ein Wald. Das sieht aus, als wenn da ziemlich viel Regen runtergekommen ist und das den Boden aufgeweicht hat und der Regen (Wasser) dann da rein- (ab-, durch-) geflossen ist. Das wird zu einem Wasserabfluss, der allerdings nicht geplant ist. Ich kann mir nicht vorstellen, dass es mit Plattenverschiebung was zu tun hat. Hier in Deutschland ist keine Plattengrenze. Auch ein schwerwiegendes Erdbeben kann es nicht gewesen sein. Es sieht ein bisschen matschig aus, nass. Es könnte auch genau das Gegenteil sein, dass es einfach heiß war und dass dem Boden das Wasser fehlt und dann reißt der ja auch auf, das sieht man ja auch in der Wüste. Diese beiden Möglichkeiten.
Folgen
Das ist wahrscheinlich nicht mehr so gut zu bewirtschaften, da mit dem Trecker durch diesen riesigen Graben fahren, was heißt riesigen Graben, aber ist ja schon kein kleiner. Es ist nicht mehr gut was anzubauen. Es könnte sich schwer gestalten es irgendwo mit aufzufüllen. Ich weiß es nicht, wenn man da jetzt was anderes reintut, ob das irgendwelche Auswirkungen hat, wenn man dann noch mal was anbaut.

Material 3, Anhang I: Foto Nagelmethode (678-722)
Ursachen
Der Nagel wurde bis ganz zum Anschlag rein geschlagen. Durch äußere Einflüsse, wie zum Beispiel Wind, Wasser wurde die Erde (Schicht) hier Stück für Stück abgetragen oder weggeschwemmt und der Nagel guckt dann irgendwann weiter raus.
Folgen
Wenn das jetzt theoretisch immer so weiter gehen würde, dann wäre irgendwann die ganze Erde weg, aber das ist ja nicht so.

Winderosion

Material 4, Anhang I: Foto Bodenerosion Wind
Ursachen (595-636) (636-677)
Ich könnte mir vorstellen, dass Wind auch was mit irgendwelchen komischen Schichten zu tun hat. Wind kann den Boden verändern. Ich denk an die Kanaren, da wird Sand aus der Sahara durch den Wind übers Meer getragen. Der Wind kann durch seine Kraft Boden ab- und ihn dann irgendwo hin tragen. So können auch verschiedene Schichten entstehen. Ich glaube, dass das auf dem Foto Wind ist. Der Wind nimmt sich Sand (Erde) und trägt den weiter. Das was oben liegt ist fein. Je kleiner, desto einfacher und leichter wird es weggeweht. Es kommt auch auf die Stärke des Windes an. Außer von diesem ganz Festen, diesem Stein könnte von jedem Boden was weggeweht werden. Aus einem Steinbruch glaube ich kaum, dass da irgendetwas fortgeweht wird. Das Feine würde wohl direkt weggeweht werden.
Folgen (595-636) (636-677)
Wenn etwas abgetragen wird, dann verschwindet Erde, Boden, Schichten, weil der Wind sie wegträgt und beim anderen kommen sie dann hinzu. Zum Beispiel, wenn da Boden ist, der für eine Region komplett untypisch wäre, der da auf Grund von Klima normalerweise gar nicht sein könnte. Dass das durch den Wind halt doch so geschieht. Das hat Auswirkungen auf Pflanzen, die da wachsen bzw. nicht wachsen können. Und dann hat es wahrscheinlich auch Auswirkungen auf die Tierwelt, die sich davon ernährt. Und vielleicht kann man den Boden besser oder schlechter als Baugrund nehmen. Und wenn der Wind das abträgt, gibt der dann ganz neue Sachen frei, zum Beispiel kommt da ein Steinbruch, in dem sich eine Schicht befindet, die zehn Millionen Jahre älter ist als die, die vorher da war. Und man kriegt völlig neue Erkenntnisse, irgendwelche Fossilien oder so. Wenn die Schicht abgetragen wird und dann die Samen für die neuen Pflanzen oder so oben darin liegen, dann werden die natürlich auch weggeweht und dann hat man da nichts mehr von, dass man da was angebaut hat.

Bodenverdichtung

Begriff Bodenverdichtung (954-971)
Der Boden wird immer dichter und härter. Aber ganz genau sagen kann ich es nicht.

Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung (845-883)
Ursachen
Im Vordergrund sind Spuren vom Traktor. Da ist ein Feld, das so aussieht, als würde es im Moment nicht bewirtschaftet werden. Das ist einfach nur Chaos, kreuz und quer da drüber gefahren und das Wasser steht in Pfützen. Entweder fließt das Wasser nicht ab oder es hat gerade erst geregnet, dass es noch nicht abgeflossen ist. Ich glaub, es ist einfach noch nicht so lange her. Da sieht man auch noch so dichte Wolken im Hintergrund. Oder der Boden ist so fest oder völlig durchweicht, dass der Boden nicht noch mehr Wasser aufnehmen kann. Er ist ja auch ziemlich matschig.
Folgen
Ich denke, dass das Wasser noch versickert.
Bodenprobe: Boden fest zusammengedrückt (884-939)
Ursachen
Die (Erde) ist fester, da ist weniger Luft drin. Trockener, nein, ich würde eher sagen, die ist feuchter, matschiger, dichter (aneinander gepresst, höhere Dichte), nicht so locker. Ich würde sagen, dass die Probe *(Boden zusammengedrückt)* besser zu dem Bild passt *(Treckerspuren)*. Wenn man auf den festen Boden Wasser kippen würde, dann sähe die Erde irgendwann genauso aus wie die hier. Vielleicht nicht mit den ganzen Steinen, *(zeigt auf Rendzina)*. Und dass hier *(Boden zusammengedrückt)* mehr Wasser drin ist als in dieser lockeren Erde. Und dass in dem Boden so viel Wasser ist, dass der nicht

durchgeweicht ist, aber der ist ja ziemlich hart (ausgehärtet). Das klingt ziemlich schwachsinnig, ich glaube auch nicht, dass das stimmt, ich weiß es nicht. Weil der Boden das Wasser mehr oder besser und schneller aufnimmt als das (*Boden zusammengedrückt)*. Weil der so hart ist und hier ist es noch so luftig und locker, da kann das Wasser einfach besser rein oder durchsickern als hier, das ist so eine feste Schicht. Der nimmt garantiert auch noch Wasser auf, aber der andere (lockere) wesentlich besser.
Folgen
Hier (beim lockeren Boden) ist es einfacher etwas darauf anzupflanzen, anzubauen als auf diesem festen, da geht das einfach nicht oder schwieriger durch. Deswegen muss man auch immer seinen Garten umpflügen, damit der Boden nicht so aushärtet. Weitere Folgen fallen mir nicht ein.

Bedeutung Luft (723-744) (746-752)
Durch Autos oder Flugzeuge entstehen Abgase und die gehen dann in den Boden. Also vorstellen könnte ich es mir, wie das genau funktioniert, wüsste ich nicht. Dieser Smog geht in die Pflanzen und durch die in den Boden? Oder die Luft ist auch direkt an der Erde und in der Erde und dass das dann ein fließender Übergang ist. Die Abgase würden dann wieder Giftstoffe zufügen. Eine andere Bedeutung von der Luft für den Boden entsteht durch Luftfeuchtigkeit. Dadurch entstehen auch ein bestimmtes Klima und bestimmte Pflanzen. Wenn zum Beispiel irgendwelche Sümpfe austrocknen und wieder eine neue Schicht darauf kommt. Durch diese Verhältnisse ist die Braunkohle entstanden, durch die Luftfeuchtigkeit oder Temperatur.

Bodenversauerung
Begriff Bodenversauerung (972-979)
Das ist, dass der Boden immer saurer wird. Was auch gerade in der Überschrift stand.

Schlagzeile „Waldböden in NRW sind zur Hälfte sauer wie Essig“ (Material 5, Anhang I); Material pH-Wert-Skala; Boden-pH (Material 6 und 7, Anhang I)
Ursachen (753-812) (813-844)
Das hat auch was mit der Luft zu tun. Vor allem durch den sauren Regen. Was das genau ist, das weiß ich leider gar nicht (wie der entsteht). Aber der saure Regen und die Giftstoffe, die darin enthalten sind, setzen sich im Boden (in Waldböden) fest. Dann kommt es zu diesen Waldschäden. Der saure Regen entsteht durch bestimmte Autoabgase. Wie die dann zum Regen werden, weiß ich nicht so genau. Vielleicht sind die Autoabgase irgendwie in den Wolken. Und das regnet irgendwann, kommt dann auf den Boden. Atomkraftwerke kriegen doch auch sauren Regen? Ich habe mal was davon gehört, dass diese Radioaktivität durch Regen oder Wolken weiter getragen werden kann und dann auch irgendwann zu Boden regnet. Der pH-Wert ist der Säurewert. Ob eine Säure sauer ist oder basisch? 1980 hat der Boden einen pH-Wert von 6,5 und 2000 einen von 4. Es ist so entstanden, dass immer mehr Leute Auto fahren und dass auch immer mehr Abgase in die Umwelt gelangen.
Folgen (753-812)
Es kommt zu Waldschäden. Das heißt z.B., dass die Bäume nicht mehr so dicht sind (dichte Kronen, so viele Blätter haben) oder ganz absterben. Die an Autobahnen gelegenen Wälder sind kahler als wenn man weiter in den Wald reinkommt und das liegt an diesen Abgasen, die das Wachstum der Bäume angreifen. Die Bäume haben Wurzeln bekanntlich im Boden und die Giftstoffe aus dem Boden werden von den Bäumen aufgenommen. Das hat sicherlich auch Folgen auf die Luft, weil Bäume diesen Kohlenstoffdingsbums da in Sauerstoff umwandeln. Und wenn es keine Bäume mehr gibt, dann wird das auch nicht mehr umgewandelt. Wenn der Wald kaputt ist, dann werden auch die Tiere nicht mehr so leben können wie vorher.

Ben - Explikation
Charakteristika der Vorstellungen
Boden
Bens Vorstellungen zum Boden und zu den Veränderungen des Bodens sind sehr oberflächlich und wenig differenziert. Komplexe Theorien sind nicht erkennbar. Die Vorstellungen gehen auf wenige konkrete Denkfiguren zurück, die sich aus offensichtlichen und meist sichtbaren Fakten und Prozessen ableiten lassen.
Ben bezeichnet die beiden Bodenproben als Erde, welche für ihn ein Material darstellt, das in Blumenbeeten vorkommt und auch als Muttererde bezeichnet wird. Aus Unsicherheit, was Erde ist, grenzt

er sie gegenüber Sand als grober, schwerer, feuchter und wesentlich dunkler ab. Erde reicht nach Bens Vorstellung ca. 20m in die Tiefe. Der Begriff Erde kann mit dem wissenschaftlichen Bodenbegriff verglichen werden. Dem Begriff Boden weist Ben verschiedene Bedeutungen zu. Einmal meint er mit Boden die obere Schicht /Oberfläche, auf der man steht und unter welcher sich die Erde befindet. Ein anderes Mal ist Boden die (feste) Hülle der Erde, die die verschiedenen Schichten (Erde und Gesteinsschichten) umfasst. Ohne diese Hülle wäre der Planet Erde instabil bzw. es würde sie gar nicht geben. Diese Bedeutung kommt dem fachwissenschaftlichen Begriff der Lithosphäre nahe (Abbildung 41). Dem geologischen Prinzip entsprechend sind die Schichten für Ben umso älter, je tiefer sie liegen. Der Boden reiche in die Tiefe der Erde, bis hin zu flüssiger Materie bzw. zum Kern, welchen Ben nicht mehr zum Boden zählt. Die einzelnen Schichten würden sich durch ihre Art, Festigkeit, ihren Luft- und Wasseranteil, ihren Aufbau und die Struktur unterscheiden. Diese Unterschiede hätten ihre Ursache in variablen Bedingungen: den wechselnden klimatischen Verhältnisse zu verschiedenen Zeiten, oder unterschiedliche Ablagerungsprozesse von Schichten durch Wind oder Gletscher. Klare Grenzen zwischen den Gesteinen sind für Ben nicht vorhanden.

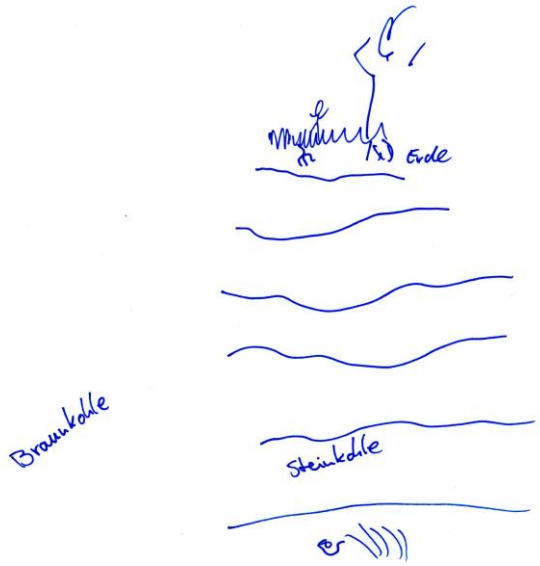

Abbildung 41: Skizze zum Bodenaufbau – Ben

Als Bestandteile von Boden nennt Ben verschiedene organische (Tiere, Wurzeln, Holzstückchen, Bakterien) und anorganische Anteile (Steine, komische Chemikalien, Luft und Wasser), eine Kategorisierung derselben bleibt jedoch aus. Erde wird als weiterer Bestandteil von Ben angeführt und nicht als „Produkt“ aus organischem und anorganischem Material gesehen.
Wie Erde entsteht, weiß Ben nicht. Er versucht sich die Entstehung adhoc zu erklären, hat dabei aber große Schwierigkeiten. Er vermutet einerseits eine Ablagerung von jüngeren Schichten über den vorhandenen, andererseits kann er sich einen Prozess, wie bei der Braunkohleentstehung, aus Pflanzenresten oder auch die Entstehung aus kleinen, feinen Steinen vorstellen. Auch Wind und Wetter spricht Ben einen Einfluss auf die Entstehung der Erdschicht zu. Er schätzt das Alter der Erde auf ca. zehntausend Jahre.
Die von Ben beschriebenen Bodenfunktionen beziehen sich auf die Produktionsfunktion (Anbau in der Landwirtschaft), die Lebensraumfunktion für Tiere, Pflanzen und Menschen, die Filterfunktion des Bodens für Wasser und die Erholungsfunktion. Bei letzterer weist Ben v.a. auf die ästhetischen Aspekte hin (*„es sähe nicht besonders so schön aus“* (363)).

Veränderungen
Ben kann sich, allgemein gefragt, keine Veränderungen des Bodens vorstellen. Nach Gefährdungen für den Boden gefragt, fallen ihm dann doch einige Aspekte zum Thema Umweltverschmutzung ein. Diese Vorstellungen sind sehr naiv. Einerseits werden extreme Szenarien beschrieben wie z.B. die Auswirkungen von Schädlingsbekämpfungsmitteln, bei deren Anwendung es dazu kommen könnte, dass auf den Äckern nichts mehr wächst. Andererseits glaubt er, dass alle Gefahren, die von verschiedenen Stoffen ausgehen, bekannt sind und die Menschen anders handeln würden, wenn eine stärkere

Gefährdung bewusst wäre. Außerdem geht er davon aus, dass Auswirkungen von Umweltverschmutzung nur dann vorhanden bzw. gefährlich sind, wenn sie offensichtlich sind bzw. unmittelbar wirken. Diese Annahme wird durch die Aussage gestützt, dass die Auswirkungen von Abgasen nicht so schlimm ist, wie z.B. beim Atommüll oder den Schädlingsbekämpfungsmitteln, da man diese ansonsten jetzt schon merken würde. Die Belastungspfade der Schädlingsbekämpfungsmittel entsprechen dem Weg des Wassers. Ben beschreibt einen Weg, bei welchem die Stoffe im Boden versickern, wodurch sich die Bodenqualität verschlechtern und Pflanzen direkt angegriffen würden oder die Stoffe weiter ins Wasser gelangen. Hätten die Pflanzen die Schädlingsbekämpfungsmittel erst einmal aufgenommen, würden sie in die Nahrungsmittel gelangen und könnten gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen haben. Die Auswirkungen von industriellen Abfällen und Kernkraftwerken sind noch allgemeiner gehalten, basieren aber auf den gleichen Kontaminationswegen: Auswirkungen auf den Boden > Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen > Auswirkungen auf den Menschen (Abbildung 42).

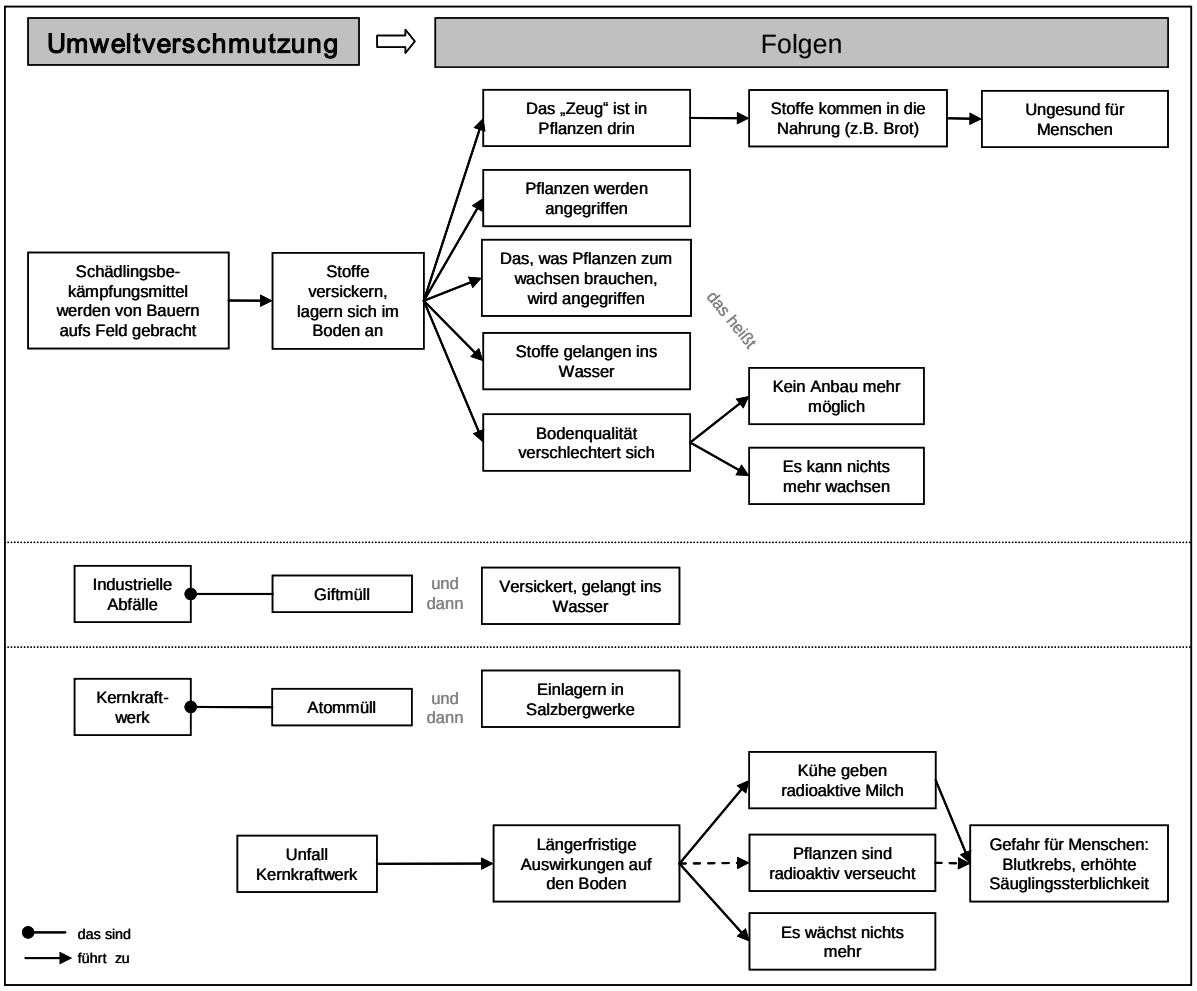

Abbildung 42: SLT – Ben: Bodengefährdung durch Umweltverschmutzung

Ben sieht Versiegelung als Problem und bezieht die Folgen auf bereits genannte Bodenfunktionen. Durch fehlenden Platz für die Wurzeln wäre der Boden als Lebensraum für Pflanzen und damit für die Lebensmittelproduktion nicht mehr vorhanden. Ebenso würde die Lebensqualität beeinflusst, da der Beton nicht so schön aussieht. Weiterhin könnte der Boden das Wasser nicht mehr aufnehmen, das Wasser könnte nicht mehr versickern und es käme zu Überschwemmungen. Aus diesem Grund müssten Abflüsse gebaut werden. Diese Vorstellungen entsprechen besonders stark den alltäglichen Erfahrungen, dass Wasser nach einem Regenguss auf der Straße abläuft und durch die Kanalisation abgeleitet wird bzw. dass es, wie in den letzten Jahren häufiger in den Medien berichtet, zu großen Überschwemmungen kommt (Abbildung 43).

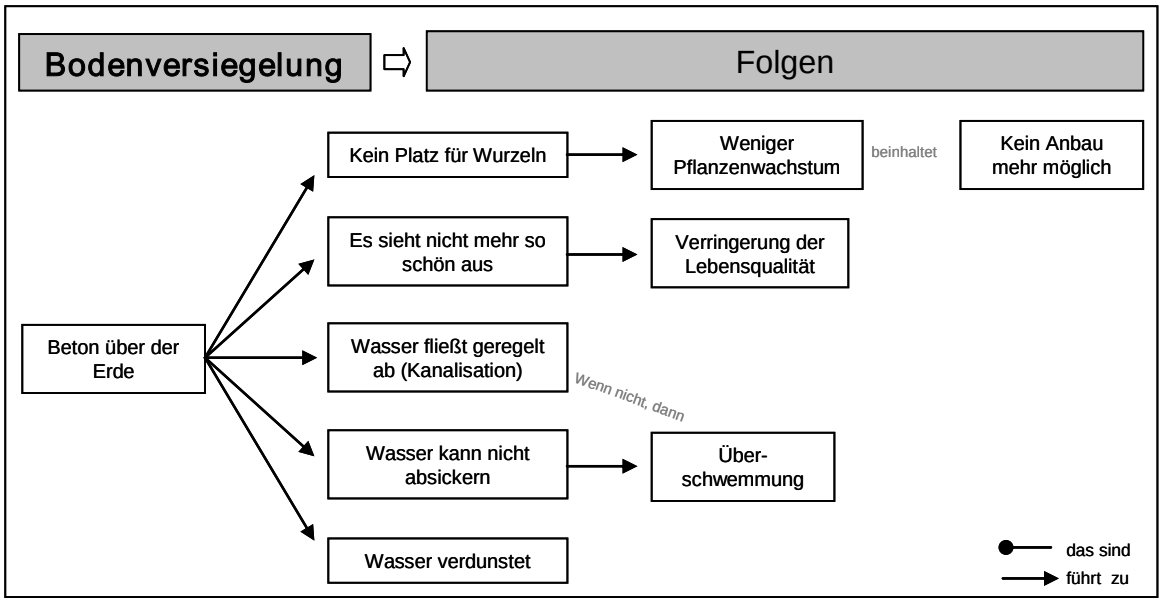

Abbildung 43: SLT – Ben: Bebauung

Das vorgelegte Foto zur Bodenerosion verbindet Ben spontan mit der Wirkung von Wasser. Er erklärt sich den *„Riss“* (521) im Boden als ungeplante Abflussrinne nach viel Regen. Als Ursache könnte er sich auch Hitze vorstellen, wodurch Trockenrisse entstehen. Diese Möglichkeit schließt Ben während der Struktur-Lege-Technik jedoch wieder aus. Plattenverschiebung oder Erdbeben als Ursachen schließt er ebenso aus. Als Folge sieht Ben nur das technische Problem der Bodenbearbeitung. Auch bei der Nagelmethode macht er Wasser aber auch den Wind für die Bodenabtragung verantwortlich. Einen vollständigen Abtrag des Bodens kann er sich aber nicht vorstellen (Abbildung 44).

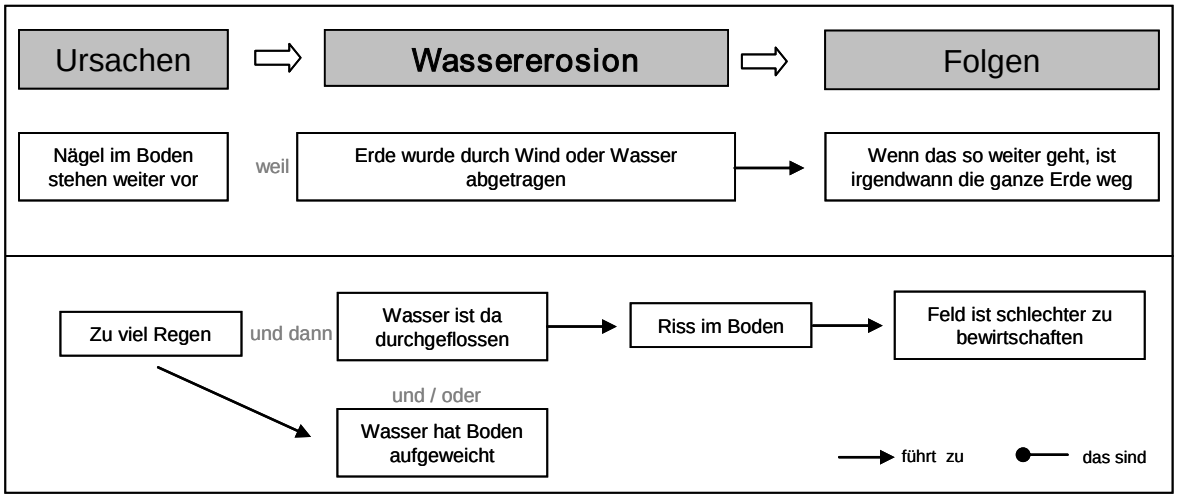

Abbildung 44: SLT – Ben: Wassererosion

Winderosion kann Ben sich gut vorstellen. Er beschreibt Abtragung und Ablagerung, die von der Größe des Materials und der Windstärke abhängig sind, und bringt das Beispiel des Sahara-Sandes, der bis zu den Kanaren hin geweht werden kann. Die Folgen benennt er für die Abtragungs- und die Ablagerungs-Regionen. In der Abtragungsregion könnte es einerseits zur Freilegung von Fossilien und dadurch zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und andererseits auch zum Verlust von Pflanzensamen kommen, wodurch die Nahrungsmittelproduktion beeinträchtigt würde. In den Regionen, in welchen das Material abgelagert wird, könnten neue Schichten entstehen. Der neue Boden könnte untypisch für die Gegend sein. Dieser Boden wäre eventuell besser als Baugrund zu nutzen, andererseits könnte es sein, dass auf diesem Boden nun andere Pflanzen wachsen (Abbildung 45).

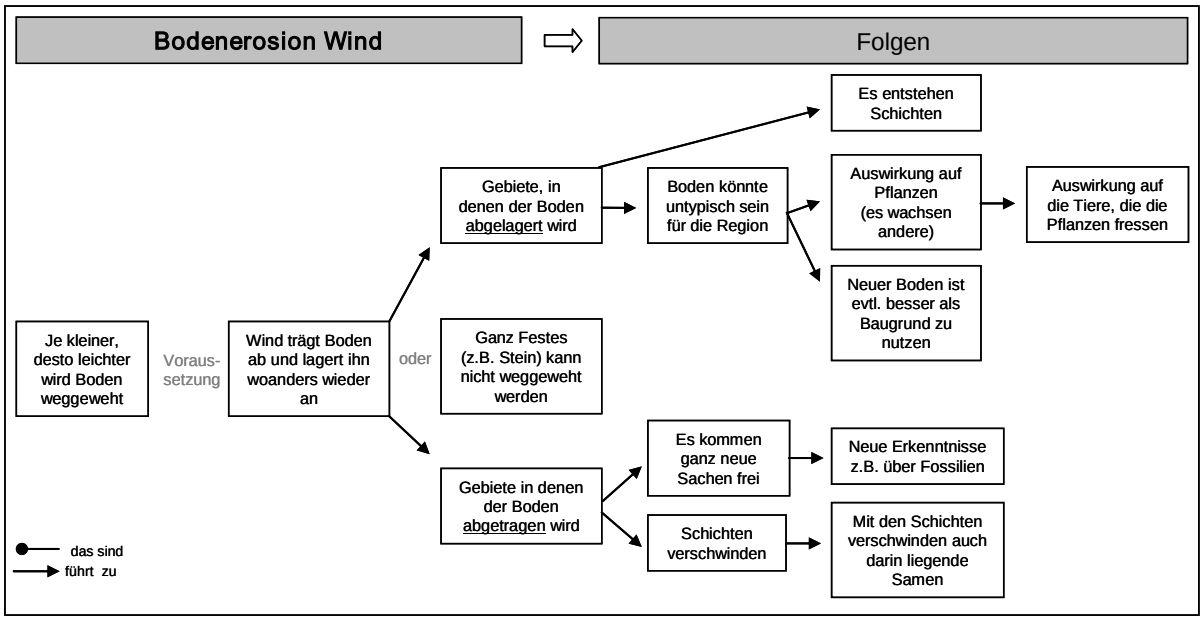

Abbildung 45: SLT – Ben: Winderosion

Ben begründet das auf dem Feld stehende Wasser (*Material 8, Anhang I: Foto Bodenverdichtung)*mit starkem Regen. Er kann sich auch vorstellen, dass der Boden zu fest oder durchweicht ist und dieser das Wasser nicht mehr aufnehmen könnte. Er geht jedoch davon aus, dass das Wasser noch versickert. Die Traktorspuren verbindet Ben nicht mit dem Wasser. Die beiden unterschiedlichen Bodenproben ordnet er dem Bild richtig zu. Ben ist klar, dass die fest gepresste Erde weniger Luft enthält und dichter, nicht so locker ist. Schwierigkeiten macht ihm der Wassergehalt der beiden Bodenproben. Er macht dazu widersprüchliche Aussagen, meint aber, dass im festeren Boden mehr Wasser enthalten ist. Andererseits sagt er, dass die lockere Erde Wasser wesentlich besser aufnehmen kann. Als Folgen des dichten Bodens sieht er Probleme beim Anpflanzen. Als Folgen des überschüssigen Wassers nennt er ebenfalls Probleme beim Pflanzenanbau und das Wegspülen der Saat. Durch Pflügen würden sich die Bodenverhältnisse jedoch verbessern (Abbildung 46).

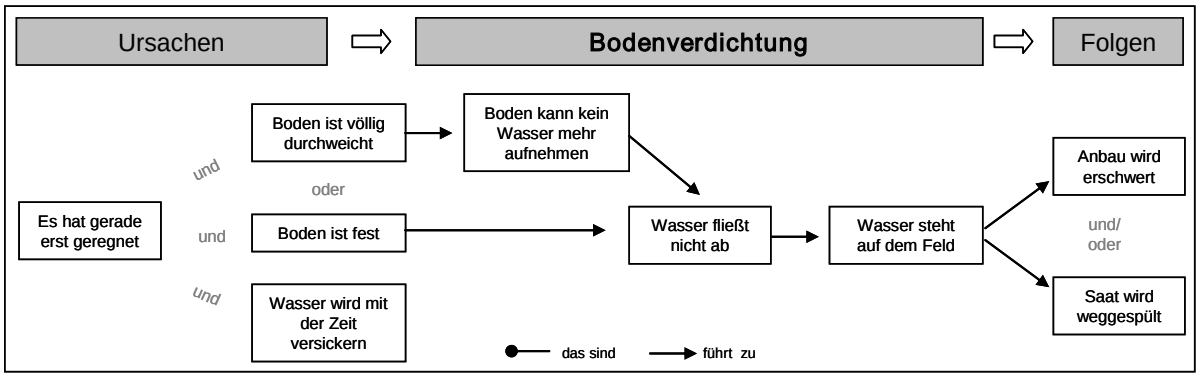

Abbildung 46: SLT – Ben: Bodenverdichtung

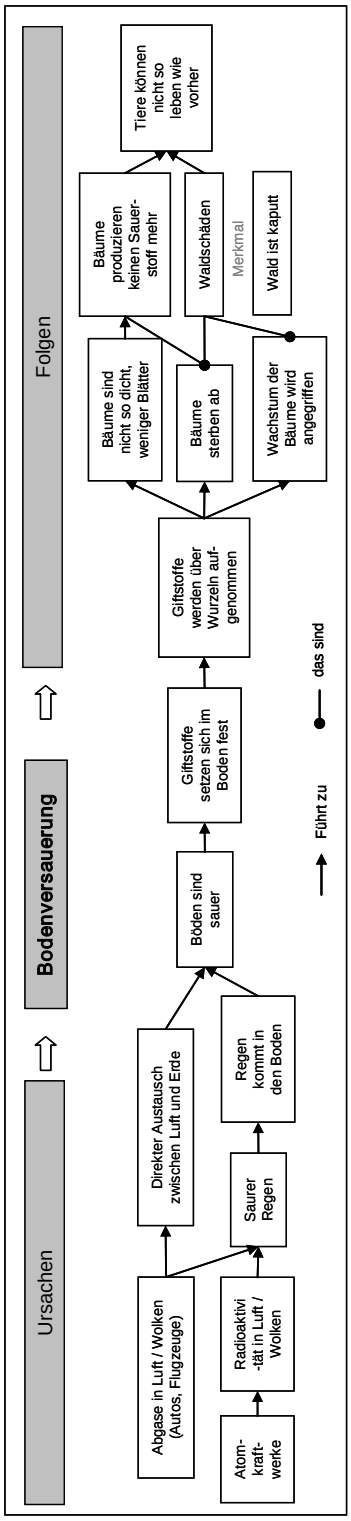

Abbildung 47: SLT – Ben: Bodenversauerung

Als Ursache für die Bodenversauerung sieht Ben den sauren Regen, der durch Autoabgase entstehen würde und der durch den Wasserkreislauf in den Boden gelangt, so dass der pH-Wert sinkt. Weiterhin vermutet er, dass auch Atomkraftwerke sauren Regen produzieren. Als zweiten Belastungspfad nennt er den direkten Austausch zwischen Luft und Erde. Die Bäume würden die Giftstoffe aus dem Boden aufnehmen und es käme zu Waldschäden, die sich durch weniger dichte Kronen der Bäume oder das Absterben der Bäume bemerkbar machen. Für Ben scheinen Giftstoffe und ein niedriger pH-Wert bzw. saurer Boden dasselbe zu sein. Die weiteren Aussagen zu den Folgen sind durch ihre Endgültigkeit gekennzeichnet. Ben geht davon aus, dass ohne die Bäume kein Sauerstoff produziert würde und Tiere nicht mehr so leben könnten wie vorher. Er geht eher von Zerstörung als von möglichen Veränderungen aus (Abbildung 47).

Sprache

Ben beschreibt die unterschiedlichen Phänomene in Alltagssprache. Fachbegriffe werden äußerst selten oder gar nicht verwendet. Die Begriffe Boden und Erde werden im alltäglichen Sprachgebrauch nicht klar abgegrenzt bzw. sie werden teilweise synonym genutzt. In einzelnen Fällen werden Stoffe bzw. Gegenstände personifiziert indem ihnen aktive Handlungen zugesprochen werden. So greifen Schädlingsbekämpfungsmittel Boden und Pflanzen an (450) und Gletscher tragen Steine vor sich her (135).
Außerdem werden einige Begriffe wörtlich genommen. *„Mischgestein“* (143) entsteht an den Grenzen der Gesteinsschichten und unter *„Baugrund“* (624) wird anscheinend der Boden verstanden, auf welchem man Pflanzen anbauen kann.

Widersprüche, Brüche, Probleme, Interessen

Das Phänomen der Bodenverdichtung zu erklären macht Ben die größten Schwierigkeiten. Das Problem besteht darin, dass Ben sich nicht herleiten kann, ob verdichteter Boden viel oder wenig Wasser enthält. Das Foto, auf welchem das Wasser in den Traktorspuren steht, die matschig aussehen, kann er nicht klar mit der fest gedrückten Bodenprobe in Einklang bringen. Bens Interessen liegen eher im technischen Bereich. Er nennt z.B. den Einsturz von Gruben in Bergbaugebieten. Weiterhin interessiert er sich für die Entstehung der einzelnen Gesteinsschichten und die darin enthaltenen Fossilien. Mit Boden an sich beschäftigt er sich weniger.

Herkunft

Bens Vorstellen haben unterschiedliche Quellen. Teilweise sind sie durch direkte Begegnungen, wie den Besuch eines Steinbruchs oder den Bodenaushube beim Hausbau der Eltern geprägt. Teilweise wurden bestimmt Sachverhalte, z.B. die Entstehung der Steinkohle, im Unterricht erarbeitet. Durch diese Einflüsse und durch die Beschäftigung mit Bücher und Atlanten wurde v.a. das Bild der unterschiedlichen Schichten immer wieder bestätigt.
Viele von Bens Aussagen zu den Gefährdungen für den Boden entsprechen den in der Gesellschaft diskutierten und in den Massenmedien veröffentlichten Themen und Meinungen, die teilweise durcheinander gebracht werden.

Ben - Einzelstrukturierung

Konzepte zum Boden

Boden als:

- *Oberfläche:* Boden als Oberfläche, auf der man steht.
- *Hülle der Erde:* Boden ist die feste Hülle der Erde.
- *Schichten:* Boden besteht aus verschiedenen (Gesteins-) Schichten.

Erde/Muttererde:

- *Material:* Erde als Material, das in Blumenbeeten vorkommt.
- *Erde als Schicht unter dem Boden (der Oberfläche):* Der Asphalt ist der Boden und darunter kommt dann die Erde.

Merkmale Erde:

Anders als Sand: Erde ist grober, feuchter, schwerer, dunkler als Sand.

Boden Aufbau

Boden- und Gesteinsschichten: Boden besteht aus verschiedenen Schichten. Erst kommt der Rasen, dann die Erde und dann kommen diese verschiedenen Steinschichten (Geröllschichten, Erdschichten).
Unterschiede in den Schichten: Die Schichten unterscheiden sich durch ihre Art, ihre Festigkeit, den Wasser- und Luftanteil, ihren Aufbau und die Struktur.
Veränderungen mit der Tiefe: Erst kommt die (lockere) Erde, dann wird es immer fester. Es folgen Steinschichten (Geröllschichten, Erdschichten)
Geologisches Prinzip: Je tiefer die Schichten desto älter sind sie.
Ursachen für die Unterschiede:

- Klimaveränderungen.
- Zu Zeiten der Dinos gab es Tropenwälder. Dann kamen Gletscher. Die haben Steine vor sich hergetragen und wieder eine neue Schicht darüber gebracht.
- Verwehungen durch den Wind.

Keine klaren Schichtgrenzen: Klare Grenzen zwischen den Schichten gibt es nicht, die sind eher verschwommen oder das ist Mischgestein oder Boden.

Mächtigkeit

Mächtigkeit: Ca. 20 m tief.

Boden Bestandteile

Lebende Organismen: Im Boden findet man Tiere (Regenwürmer), Wurzeln, Bakterien.
Organischer Bestandteil: Holzstückchen.
Anorganische Bestandteile: Im Boden sind Steine, Wasser, Luft, komische Chemikalien.
Erde: Wenn man ein Stück Boden mit dem Spaten aussticht, ist da erstmal Erde.

Bodenentstehung

? Anlagern der Schichten: Irgendwie müssen sich diese Schichten anlagern. Da ist wahrscheinlich eine jüngere Schicht drüber.
? Wetter: Ich weiß nicht, wie Erde zustande kommt. Durch Wind und Wetter oder so.
? Vergleich mit Braunkohleentstehung: Ich weiß nicht, woher die Erde kommt. Durch Pflanzenreste oder so. So entsteht ja auch Braunkohle. Ich würde sagen, das ist ein ähnlicher Vorgang.
? Feine Steine: Oder Erde kommt durch ganz kleine feine Steine.
Zeit: Erde ist wohl eine jüngere Schicht, zehntausend Jahre oder so.

Bodenfunktionen

Lebensgrundlage: Ohne Erde gäbe es kein Leben.
Produktionsfunktion: Auf den Steinschichten kann man nichts anbauen.
Lebensraum: Auf den Steinschichten wachsen keine Bäume, es gäbe keine Pflanzen. Dann wäre das Leben unmöglich.
Sauerstoff: Wenn die Erde nicht begrünt wäre, könnte Sauerstoff nicht umgewandelt werden.

Filterfunktion: Normalerweise sickert das Wasser ein und durch die ganzen Schichten wird es dann gereinigt.
Erholungsfunktion: Es gibt weniger Pflanzenwachstum und es sähe nicht besonders schön aus. Die Lebensqualität würde verringert.
Lebensgrundlage: Es würde mich ohne die Erde nicht geben.

Veränderungen im Boden

Alles bleibt gleich: Ich kann mir nicht vorstellen, dass irgendwas anders ist.

Konzepte zur Bodenzerstörung

Umweltverschmutzung

Atommüll

Lagerung: Atommüll wird in Salzbergwerken gelagert.

Verantwortungsvoller Umgang: Ich glaube, wenn das in höherem Maße gefährlich wäre, würde man das ja nicht machen.

Tschernobyl: In Tschernobyl war die Erde auch radioaktiv verseucht.

Radioaktive Verseuchung: An solchen Stellen wächst nichts mehr oder das, was wächst ist radioaktiv verseucht. Die Kühe, die das gefressen haben, haben radioaktive Milch gegeben.

Krankheiten: Das ist nicht gerade gesund. Es kommt sicherlich durch diesen Müll auch zu erhöhtem Blutkrebsrisiko oder anderen Erkrankungen. Die Säuglingssterberate ist auch höher.

Herkunft: Atommüll kommt von Kernkraftwerken.

Atom: Atom ist Stoff, der sich nicht wieder aufbereiten lässt.

Schädlingsbekämpfungsmittel

Belastungspfad: Schädlingsbekämpfungsmittel werden vom Bauern aufs Feld gebracht, versickern im Boden und gehen ins Wasser über.
Anlagern: Die Stoffe lagern sich im Boden an.
Angreifen: Pflanzen und das, was Pflanzen zum Wachsen brauchen (Erde an sich, Bakterien), werden angegriffen.
Bodenqualität verschlechtert sich: Der Boden ist nicht mehr von solcher Qualität, dass man da was anbauen könnte.
Aufnahme in Pflanzen: Das „Zeug“ ist in den Pflanzen drin.
Ungesund: Wenn man die Pflanzen erntet und daraus Brot macht, dann ist das (Gift) da drin. Es ist ungesund.

Abgase

Herkunft: Abgase entstehen durch Autos und Flugzeuge.
? Belastungspfad: Geht der Smog durch die Pflanzen in den Boden? Oder die Luft ist direkt an der Erde und das ist ein fließender Übergang. Die Abgase fügen dem Boden Giftstoffe zu.
Geringe Auswirkungen: Die Auswirkungen wären nicht so schlimm, denn sonst würde man es jetzt schon merken.

Müll

Herkunft: Wenn alle ihren Müll in irgendwelche Beete schmeißen.
Nicht so schlimm: Das ist nicht so schwerwiegend.

Bebauen

Weniger Pflanzenwachstum: Es gibt weniger Pflanzenwachstum, weil da kein Platz mehr ist für die Bäume ihre Wurzeln zu schlagen.
Lebensqualität: Das sähe nicht besonders schön aus und die Lebensqualität würde sich verringern.
Keine Versickerung: Wenn es Beton gibt kann das Wasser nicht mehr versickern.
Überschwemmung: Wenn das Wasser nicht mehr versickern kann oder durch Kanalisation abgeleitet wird, kommt es zu Überschwemmungen.
Kein Anbau: Auf Asphalt kann man nichts anbauen.

Bedeutung Wasser für den Boden

Pflanzenwachstum: Pflanzen nehmen durch ihre Wurzeln Wasser aus dem Boden auf und brauchen es zum Wachsen.

Wassererosion

Ursachen

Zu viel Wasser: Das sieht aus als wenn da ziemlich viel Regen runtergekommen ist und das den Boden aufgeweicht hat. Das wird zu einem Wasserabfluss, der allerdings nicht geplant ist.

Abtragung durch Wind und Wasser: Die Erde wurde durch Wind oder Wasser Stück für Stück abgetragen oder weggeschwemmt.

~~*Plattenverschiebung*: Ich kann mir nicht vorstellen, dass es mit Plattenverschiebung zu tun hat. Hier in Deutschland ist keine Plattengrenze.~~

~~*Erdbeben*: Ein schwerwiegendes Erdbeben kann es nicht gewesen sein~~

? Hitze: Es könnte sein, dass es heiß war und dem Boden das Wasser fehlt. Dann reißt der ja auch ein, wie in der Wüste.

Folgen

Schlecht zu bewirtschaften: Es ist schwer mit dem Trecker durch den Graben zu fahren oder da etwas anzubauen. Es könnte schwer sein das irgendwo mit aufzufüllen. Wenn man da was anderes reintut, hat das vielleicht Auswirkungen, wenn man da noch was anbaut.

~~*Die ganze Erde wäre weg*: Wenn das immer so weitergehen würde, wäre irgendwann die ganze Erde weg aber das ist ja nicht so.~~

Winderosion

Ursachen

Veränderung: Wind kann Boden verändern.

Abtragung und Ablagerung: Wind kann durch seine Kraft den Boden ab- und irgendwo hin tragen.

Bedingungen

Größe und Gewicht: Je kleiner, desto einfacher und leichter wird es weggeweht.

Folgen

Boden verschwindet und wird wieder abgelagert: Erde, Boden, Schichten verschwinden, weil der Wind sie abträgt. Irgendwo anders kommen sie hinzu.

Untypischer Boden: Durch den Wind gelangt untypischer Boden in eine andere Region. Das hat Auswirkungen auf die Pflanzen, die dort wachsen oder nicht wachsen können, und folglich auch auf die Tierwelt. Neuer Boden eignet sich vielleicht besser oder schlechter als Baugrund.

Freilegen von Fossilien und älteren Gesteinsschichten: Wenn der Wind das abträgt, gibt der ganz neue Sachen frei. Eine Schicht, die älter ist als die vorherige. Durch Fossilien bekommt man vielleicht völlig neue Erkenntnisse.

Samen werden weggeweht: Die Samen für die neuen Pflanzen, die oben drin liegen, werden natürlich auch weggeweht. Man hat nichts mehr davon, dass man was angebaut hat.

Begriff Bodenerosion

? Keine Bedeutung: Ich weiß nicht was der Begriff Bodenerosion bedeutet.

Bodenverdichtung

Verschlämmung: Wasser fließt nicht ab, weil der Boden so fest oder völlig durchweicht ist.

Zu viel Regen: Es hat gerade erst geregnet und das Wasser ist noch nicht abgeflossen.

Boden ist zu fest: Erde ist fest, da ist weniger Luft drin.

~~*Feste Erde ist trockener:* Die feste Erde ist trockener.~~

~~*? Feste Erde ist feuchter:* Die feste Erde ist feuchter, matschiger, dichter (aneinander gepresst), nicht so locker. In der festen Erde ist mehr Wasser drin als in dieser lockeren Erde.~~

In lockere Erde versickert Wasser besser: In die lockere Erde kann das Wasser besser rein oder durchsickern, die nimmt wesentlich besser Wasser auf, als der feste, harte Boden.

Folgen:

Zu fest zum Anpflanzen: Beim lockeren Boden ist es einfacher etwas drauf anzupflanzen als auf dem festen.

Pflügen: Man muss immer seinen Garten umpflügen, damit das nicht aushärtet.
Wasser fließt noch ab: Wasser versickert noch.

Begriff Bodenverdichtung: Der Boden wird immer dichter und härter.

Bodenversauerung

Ursachen

Saurer Regen: Saurer Regen und Giftstoffe aus der Luft setzen sich im Waldboden fest.
Autoabgase: Saurer Regen entsteht durch Autoabgase, die in die Wolken gelangen.
Atomkraftwerke: Saurer Regen entsteht durch Radioaktivität in Wolken und Regen (aus Atomkraftwerken).
Veränderung des Boden-pH-Wertes: Immer mehr Leute fahren Auto und es gelangen mehr Abgase in die Umwelt.
Belastungspfad entspricht dem Wasserkreislauf: Saurer Regen wird durch Wolken und Regen weiter getragen, es regnet und kommt dann auf den Boden. Bäume nehmen die Giftstoffe über die Wurzel aus dem Boden auf.

Folgen

Waldschäden:

- *Merkmale:* Bäume sind nicht mehr so dicht oder sterben ganz ab.
- *Abgase greifen Bäume an:* An Autobahnen gelegene Wälder sind kahler, weil die Abgase das Wachstum der Bäume angreifen.
- *Eingeschränkte Sauerstoffproduktion:* Wenn es keine Bäume mehr gibt, wird kein Sauerstoff mehr produziert.
- *Lebensraum Tiere:* Wenn der Wald kaputt ist, dann werden auch die Tiere nicht mehr so leben können wie vorher.

Begriff Bodenversauerung: Der Boden wird immer saurer.