

Antrittsrede des Rektors

Die Rolle der Böden in den terrestrischen Ökosystemen der Erde

Die Bodendecke der Erde entsteht aus Gestein durch Verwitterung unter dem Einfluß der Atmosphären und der Organismenwelt. Der Einfluß der Lebensprozesse auf die Bodenentwicklung ist so groß, daß mit Sicherheit gesagt werden kann, daß dort, wo kein Leben vorhanden ist, auch keine Böden entstehen.

Andererseits kann aber auch gesagt werden, daß auf dem Festland kein höher entwickeltes Leben möglich ist, wo die Bodendecke fehlt. Besonders sinnfällig ist die Abhängigkeit der höheren Pflanzen vom Boden. Er liefert ihnen nicht bloß die erforderlichen Mineralnährstoffe, sondern versorgt sie auch mit Wasser und bildet ihren Standort, indem sie sich mit ihren Wurzeln verankern. Nur wenige anspruchslose Organismen wie Bakterien, Algen und Flechten sowie einzellige und primitive mehrzellige Tiere können sich dauernd auf festen Gesteinen ansiedeln. Sie bilden artenarme Lithobiontengemeinschaften, die als Pioniere den Prozeß der Bodenbildung einleiten.

Bei der Gesteinsverwitterung spielen in ihrer heutigen Form Sauerstoff, Kohlendioxyd und Wasser eine maßgebende Rolle. Die bei der Verwitterung vor sich gehende Mineralumwandlung besteht vorwiegend in einfachen Lösungsprozessen, in der Bildung von Oxyden und Oxydhydraten, sowie in der langsam fortschreitenden Hydrolyse schwer löslicher Minerale. Das war nicht immer so. Während die sich heute bildenden Sedimentgesteine reich an Oxyden sind, überwogen bis in das jüngste Präkambrium die Sulfide, was dafür spricht, daß die Gashülle der Erde ursprünglich sauerstofffrei war. Aus unserer Kenntnis von der Gashülle anderer Planeten kann geschlossen werden, daß auch die Atmosphäre der Erde ursprünglich im wesentlichen aus Ammoniak, Methan und Wasserdampf bestanden hat.

In diesem sauerstofffreien Milieu entstanden die ersten Organismen aus niedermolekularen organischen Verbindungen, deren Synthese sich unter dem Einfluß elektrischer Entladungen, kosmischer ultravioletter Strahlung und Radioaktivität vollzog.

Die Anfänge des Lebens reichen, wie wir heute wissen, in der Erdgeschichte weit zurück. Die ältesten derzeit bekannten bakterien- und blaualgenähnlichen Organismen wurden fossil in Quarziten Südafrikas nachgewiesen, deren Alter mit 3 Milliarden Jahren bestimmt wurde.

Die heutige Atmosphäre hat sich über eine aus Stickstoff und Kohlendioxyd zusammengesetzte Gashülle im Wege der Photosynthese grüner Pflanzen entwickelt. Aus 2 Milliarden Jahre alten Gesteinen sind die ersten Chlorophyllderivate bekannt.

600 Millionen Jahre vor der Gegenwart begann mit dem Kambrium die reiche Fossilführung der marinen Sedimente, was eine dichte Besiedlung der Meere mit schon relativ hochentwickelten Lebewesen beweist.

Aus dem Devon, rund 400 Millionen Jahre vor der Gegenwart, kennt man die ältesten Kohlen, deren Entstehung auf die Ablagerung organischer Sedimente in Sümpfen mit einer reichen Vegetation zurückgeht. In der Steinkohlenzeit, 340 Millionen Jahre vor der Gegenwart, bezeugt die Bildung riesiger Kohlenlagerstätten in weiten Teilen der Erde das Vorhandensein einer üppigen Vegetation, die eine Atmosphäre von ungefähr der heutigen Zusammensetzung zur Voraussetzung hat. Die Menge der Fossilreste von Landpflanzen beweist aber auch zusammen mit einer Vielzahl fossiler Reste im Boden lebender Tiere das Vorhandensein einer Bodendecke, die sich offenbar parallel mit den Organismengemeinschaften des Festlandes entwickelt hat. Da auch die obersten Sedimentschichten der Meere und Binnengewässer intensiv belebt sind und den Charakter von Böden, man spricht von subhydri-scher Bodenbildung, tragen, ist evident, daß die Bodendecke der Erde, man könnte sie als Pedosphäre bezeichnen, einen wesentlichen Teil der Biosphäre, des Lebensraumes auf der Erde, darstellt.

Kann man die Verwitterung der Gesteine ganz allgemein als eine Gesteinsumwandlung unter dem Einfluß der Atmosphärenteilchen definieren, so stellt die Bodenbildung das Produkt der Gesteinsverwitterung unter dem Einfluß der Biosphäre in einer den Bedürfnissen höher entwickelter Landorganismen entsprechenden Atmosphäre dar.

Die Umwandlung von Gesteinen in Böden vollzieht sich im Zusammenwirken einer Vielzahl komplizierter Prozesse, an denen die auf der Bodendecke wachsende Vegetation und unzählige im Boden lebende Organismen maßgebenden Anteil haben. Sowohl im anorganischen, wie im organischen Bereich vollzieht sich ein ständiger Abbau und gleichzeitiger Neuaufbau von Substanzen, wobei sich durch Sub-

stanzverlagerung im gelösten und festen Zustand mehr oder weniger voneinander verschiedene Bodenhorizonte bilden. Die verschiedene Beschaffenheit dieser Horizonte und ihrer Abfolge bedingt die Entstehung unterschiedlicher Bodenprofile und damit Bodentypen.

Schon vor rund 100 Jahren hat Dokutschajew bei der Aufnahme der Böden in dem weiten Raum des russischen Reiches erkannt, daß auf dem gleichen Gestein in verschiedenen Klimazonen der Erde ganz verschiedene Böden entstehen. Heute wissen wir, daß auf allen Kontinenten sowohl in horizontaler Richtung, also entsprechend der geographischen Breite, als auch in vertikaler Richtung, entsprechend der Höhenlage, eine zonare Anordnung der Böden besteht, die der zonalen Anordnung der Vegetation weitgehend entspricht. Sie ist Ausdruck einer Bodenentwicklung, die allenthalben nach denselben ökologischen Gesetzen wie die Lebensgemeinschaften der Pflanzen und Tiere einem klimabedingten Endstadium zustrebt, das man als Klimaxstadium bezeichnet. In diesem besteht zwischen den auf- und abbauenden Prozessen ein weitgehendes Gleichgewicht, so daß sich, obwohl die Bodendynamik nie zum Stillstand kommt, ein mittlerer Bodenzustand dauernd zu erhalten vermag. Dies gilt allerdings nur so lange, als es nicht zu einschneidenden Veränderungen des Klimas kommt. Treten solche auf, dann werden vorhandene Böden umgeprägt und es tritt eine Bodenumbildung in Richtung auf ein anders beschaffenes Endstadium ein.

Nicht selten werden Böden unter jungen Sedimentdecken äolischer und fluviatiler Herkunft begraben, sie werden fossil. Entsteht auf der sie überlagernden Sedimentdecke ein neuer Boden von anderer Beschaffenheit als der fossile, so bezeugt dies, sofern nicht petrographische Faktoren für die Unterschiede verantwortlich sind, einen Wechsel innerhalb der für die Bodenbildung verantwortlichen Klimafaktoren. Wir kennen vor allem aus der jüngsten geologischen Epoche, dem Quartär, Stockwerkprofile, in denen eine Vielzahl verschiedener Böden und Sedimente übereinander gelagert ist und uns wichtige Aufschlüsse über die Klima- und Bodengeschichte der jüngsten erdgeschichtlichen Vergangenheit gewährt.

Aus derartigen Bodenfolgen, aus Beobachtungen über die Bodenausbildung auf jungen Gesteinen vulkanischer oder sedimentärer Herkunft und nach totalem Abtrag der Böden wissen wir, daß der Prozeß der Bodengenese bis zur Bildung einer reifen Bodendecke, auch unter günstigsten klimatischen Verhältnissen, Jahrtausende benötigt, somit ein Geschehen darstellt, das Zeiträume beansprucht, denen gegenüber die Dauer des menschlichen Lebens geringfügig ist.

Der Mensch ist zwar, wie der gegenwärtige Zustand der Erdoberfläche allenthalben einprägsam zeigt, imstande, Böden rasch zu zerstören, er vermag sie aber in dem ihm zur Verfügung stehenden Zeitraum nicht wiederherzustellen. Wir tragen demnach für die Bodendecke der Erde als Grundlage alles terrestrischen Lebens eine sehr große Verantwortung.

Von den vielfachen Funktionen, die der Boden für den Lebensraum des Menschen und darüber hinaus für die gesamte Biosphäre besitzt, pflegt der Laie vor allem die der Pflanzenernährung zu sehen. Böden geben im Zuge der Verwitterung ihres Mineralbestandes für die Ernährung der Pflanzen wichtige Mineralstoffe frei, welche die Pflanzen mittels ihrer Wurzeln im gelösten Zustand aufnehmen. Zur Lösung dieser Mineralnährstoffe ist Wasser nötig, das die Böden je nach ihrer Beschaffenheit in verschiedenem Umfang zu speichern, das heißt, gegen die Wirkung der Schwerkraft festzuhalten vermögen. Ein Teil des gespeicherten Wassers ist pflanzenaufnehmbar, es stellt die Wasserreserve dar, von der die Vegetation und auch die Gesamtheit der Bodenorganismen während niederschlagsfreier Witterungsperioden leben. Das den Boden und die darunter liegenden Gesteinsschichten durchsickernde Wasser unterliegt einem physikalischen und biologischen Reinigungsprozeß, dem es zu verdanken ist, daß die meisten Grundwässer für den menschlichen Genuß geeignet sind.

Wasserleitung und Wasserdurchlässigkeit der Bodendecke verringern den oberirdischen Abfluß und vermindern dadurch wesentlich die Gefahr der Bodenerosion mit allen damit verbundenen Erscheinungen der Landschaftszerstörung.

Neben dem Wasserhaushalt der Ökosysteme wird ihr Nährstoffkreislauf wesentlich von den Böden gesteuert. Seit den grundlegenden Arbeiten von THOMPSON und WAY weiß man, daß die Böden in verschiedenem Ausmaße über ein Sorptionsvermögen verfügen. Dieses befähigt sie, unter anderem für die Pflanzenernährung wichtige Mineralstoffe in einer für die Pflanzen nutzbaren Form zu speichern. Diese Eigenschaft und die sich an der Bodenoberfläche bzw. im Bodeninneren vollziehende Zersetzung organischer Reste, die letzten Endes zur Freigabe der in den organischen Geweben gebundenen Mineralstoffe führt, ermöglicht einen Nährstoffkreislauf zwischen Boden und Pflanzendecke, bei dem sich die Verlustquote in ersetzbaren Grenzen hält. In natürlichen Ökosystemen wird sie auf dem Niveau der naturgegebenen Bodenfruchtbarkeit durch die nachschaffende Kraft, das heißt durch die Freistellung von Nährstoffen durch Mineralver-

witterung, ausgeglichen. Für den Stofftransport spielen neben der Wasserbewegung im Boden biologische Prozesse eine große Rolle. Dazu gehören neben dem Wasser- und Nährstoffentzug durch die Pflanzen und der Zufuhr organischer Substanz durch den Bestandesabfall, die Leistungen gewisser Bodentiere, wie der Regenwürmer und der grabenden Kleinsäuger, für die Bodendurchmischung. Das Ausmaß dieser Leistungen ist für die Stoffverteilung innerhalb des Bodenprofils sehr maßgebend. Die Art der Umsetzung der organischen Substanzen im Boden ist vorherrschend biologisch gesteuert. Das Klima beeinflusst sie über seine Wirkung auf die Lebewesen. Je extremer die Klimaverhältnisse sind, umso langsamer und unvollständiger vollzieht sich die Zersetzung bzw. Humifizierung der organischen Stoffe, wobei die Zersetzungsleistung häufig hinter der Produktion von Pflanzenmasse zurückbleibt, so daß es zur Akkumulation unzersetzten Bestandabfalles kommt. Auch auf diesem Weg wird die Bodenbildung von den Klimafaktoren beeinflusst.

Insgesamt stehen Boden, Muttergestein, Klima, Vegetation und Bodenleben sowie der reliefbedingte Wasserhaushalt der Landschaft in enger Wechselbeziehung, wobei die Gesamtheit aller Wechselleistungen innerhalb eines ungestörten Ökosystems ein hohes Maß von Ausgeglichenheit zeigt.

In diese Wechselwirkungen greift der Mensch in vielfacher Weise verändernd ein, wobei auch die Böden und ihre Funktionen in der ökologischen Ordnung mehr oder weniger verändert werden. Diese Veränderungen zu studieren und ihre Wirkungen von Fall zu Fall festzustellen, ist eine der spezifischen Forschungsaufgaben unserer Hochschule. Daß Böden durch Nutzung und Pflege sowohl verbessert als auch verschlechtert werden können, ja daß es durch eine nicht nachhaltige Nutzung zur völligen Bodenzerstörung kommen kann, hat die jahrtausendealte Erfahrung in der Landwirtschaft gezeigt. Das Ausmaß der Flächen, deren Bodendecke durch Menschenhand in allen Kontinenten zerstört wurde, ist erschreckend.

Die Gefahr der Bodenzerstörung ist mit der Entwicklung von Wissenschaft und Technik nicht gesunken, sondern in dem Maße gestiegen, in dem der Mensch Einfluß auf das Naturgeschehen gewonnen hat. Gleichzeitig steigt der Bedarf an fruchtbarem Land mit der Zunahme der Erdbevölkerung rasch an, und die Menschheit wäre schon längst verhungert, wenn sie nicht gelernt hätte, den Böden durch bessere Bearbeitung und Nährstoffversorgung, durch leistungsfähige Zuchtsorten der Kulturpflanzen und bodenschonende Nutzungsweisen höhere Erträge abzurufen. Diesem Bemühen sind aber natür-

liche Grenzen gesetzt und eine weitere Ertragssteigerung wird umso schwieriger, je mehr wir uns diesen Grenzen nähern. Es ist das eine Folge des Umstandes, daß höchste und zugleich nachhaltige Ertragsleistungen fast stets außerhalb der natürlichen ökologischen Gleichgewichte liegen und nur erreicht werden können, wenn der Mensch ständig korrigierend in diese eingreift. Das verlangt aber, je weiter wir uns von dem Naturzustand entfernen, eine umso umfassendere und umso sorgfältiger dosierte Bodenpflege, die nur mit Hilfe einer genauen individuellen Kenntnis der Dynamik und des aktuellen Zustandes der Kulturböden möglich ist.

Die Zeit, in der man mit Erfolg schematische Rezepte für Düngung, Bewässerung, Bodenbearbeitung, Schädlingsbekämpfung u. a. m. geben konnte, ist vorüber. Je länger wir mit auf solche Weise vereinfachten Pflegemaßnahmen arbeiten, umso häufiger versagen sie, weil sie auf wichtige Faktoren der Bodenfruchtbarkeit nicht Bedacht nehmen oder sie falsch einschätzen.

Wir haben z. B. lange Zeit durch ständig steigende Mineraldüngergaben beträchtliche Ertragssteigerungen erzielt. Heute ist in vielen Kulturböden das Optimum der Mineralnährstoffversorgung überschritten, bei weiterer schematischer Mineraldüngung bleibt die Ertragszunahme aus und es treten bei den überdüngten Pflanzen Qualitätsmängel, bei mit derartigen Pflanzen gefütterten Tieren Krankheitserscheinungen auf. Zugleich geht die Aktivität des Bodenlebens zurück, was zu einer erhöhten Nährstofffestlegung im Boden und häufig auch zu erhöhtem Schädlingsbefall führt.

In ähnlicher Weise werden bei der Wasserversorgung der Pflanzen über die Böden steigende Schwierigkeiten sichtbar. Immer häufiger treten in Kulturböden Gareschäden auf, die eine Folge unrichtiger Bearbeitung, humuszehrender Nutzung und abnehmender biologischer Aktivität der betreffenden Böden sind. Damit sinkt das Vermögen der Böden, Wasser nutzbar zu speichern, ein Mangel, der durch künstliche Bewässerung nur teilweise ausgeglichen, durch übermäßige oder unregelmäßige Wasserzufuhr eher noch verschlechtert werden kann.

Umfangreiche Feldversuche, die mit einer sehr sorgfältigen Feld- und Laboruntersuchung der Böden gekoppelt wurden, haben in letzter Zeit klar erwiesen, daß eine erfolgreiche und nachhaltige Bodenbewirtschaftung an der Obergrenze der Ertragsfähigkeit der Böden nur betrieben werden kann, wenn neben den Grundgegebenheiten der Bodendynamik, die individuellen Boden- und Standorts-

eigenschaften entsprechend berücksichtigt werden. Dies erfordert ein nach natürlichen Bodenlandschaften gegliedertes Versuchs- und Untersuchungswesen und innerhalb der einzelnen Landschaftsräume eine gesonderte Beurteilung der wichtigsten Bodenformen. Es erfordert ferner eine Ausrichtung des Versuchs- und Untersuchungswesens auf die jeweils zu beantwortenden ökologischen Fragestellungen, auf deren Beantwortung heute, wo es darum geht, die Natur unter Ein-schluß der menschlichen Tätigkeit in Ordnung zu halten, nicht mehr verzichtet werden kann.

Ich bin in meiner über 20jährigen Lehrtätigkeit an dieser Hochschule nicht müde geworden, diese Notwendigkeit zu betonen. Es ist für mich deshalb eine große Freude und Genugtuung, nunmehr zu erleben, daß nicht nur meine Schüler und Mitarbeiter Wesentliches zur Erreichung dieses Zieles beitragen, sondern auch zu sehen, daß in Kreisen der Landwirtschaft, der Industrie und des Veterinärwesens die Erkenntnis wächst, daß nur eine ökologisch richtige Bodenpflege und -nutzung qualitativ und quantitativ befriedigende Wirtschaftserfolge zu liefern vermag.

Die Bodendecke der Erde stellt, wie ich darzulegen versucht habe, einen unentbehrlichen Teil des terrestrischen Lebensraumes dar. Sie bedarf langer Zeit, um sich zu bilden, kann aber in kurzer Zeit geschädigt oder völlig zerstört werden.

Der Europarat hat nach einer Europäischen Wassercharta im Jahre 1968 und nach einer Grundsatzklärung gegen die Luftverschmutzung im Jahre 1972 nunmehr eine Europäische Bodencharta verabschiedet. Diese weist darauf hin, daß die moderne, zu sehr auf Wohlstand bedachte und auf eine Marktwirtschaft ausgerichtete Gesellschaft die Gefahr einer radikalen Ausbeutung der Bodenreserven in sich schließt. Der sichtbarste Ausdruck der Bodenzerstörung, jedoch durchaus nicht der einzige, ist die Bodenerosion. Ihr fällt auf der Erde im Durchschnitt pro Jahr eine 1—2 cm dicke Bodenschicht zum Opfer, der Bodenabtrag erreicht in bestimmten Gegenden bis zu 70 cm. In Europa beträgt der Bodenverlust nach neuesten Schätzungen jährlich 84 t/km², in Afrika sind es 700 t/km².

Unter dem Eindruck dieser alarmierenden Zahlen ruft der Euro-parat die europäischen Staaten dazu auf, die Bodenreserven unseres Kontinents zu schützen und mit größter Sorgfalt zu nutzen. Wir haben gesehen, wie lange es braucht, bis sich ein fruchtbarer Boden bildet und wie rasch er zerstört werden kann. Die Bodenreserven unseres Planeten in einem Zustand zu erhalten, daß sie der Ent-

faltung und Erhaltung des Lebens in optimaler Weise dienen, ist eine der großen Aufgaben unserer Zeit.

Was ich in diesem Vortrag zu zeigen versucht habe, kann man kurz wie folgt zusammenfassen:

Seit 400 Millionen Jahren speichert die Erde mit Hilfe der grünen Pflanzen Sonnenenergie und legt sie z. T. in ihrer Bodendecke, z. T. in organischen Sedimenten wie Kohlen und Erdöl auf Vorrat.

Seitdem der Mensch existiert, zehrt er von diesen Rücklagen und zerstört zugleich die Vegetation. Seit 100 Jahren betreiben wir mit den Energievorräten der Erde einen unbeschreiblichen Raubbau, um uns damit ein Paradies zu schaffen, wobei wir nicht bedenken, daß wir den Ast absägen, auf dem wir sitzen. Nur eine wieder ergrünende Erde mit einer Decke fruchtbarer Böden kann uns davor bewahren, daß dieser Ast abbricht und uns in den Abgrund mitreißt.

Man kann diesen Tatbestand auch in biblische Worte kleiden und sagen: Gott schuf die Erde zu einem Garten Eden, in den er den Menschen setzte. Dieser aß vom Baume der Erkenntnis und begann den Garten im Mißbrauch freier Willensentscheidung zunächst durch das Feuer, sodann durch Mittel der modernen Technik zu zerstören. Nun kann er nur noch überleben, wenn er freiwillig auf augenblickliche Vorteile verzichtet und im Interesse des Nächsten und schließlich der gesamten Menschheit Opfer bringt, das heißt, eigenen kurzfristigen Vorteilen nicht nachjagt.

An unserer grünen Alma Mater wurde diese Erkenntnis schon im ersten Jahrhundert ihres Bestehens gelehrt, sie ist alte Bauernweisheit, die von der modernen Forschung bestätigt wurde. Möge diese Lehre im zweiten Jahrhundert des Wirkens der Hochschule allgemein gehört und verstanden werden.