

VERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFT XXVI

Einführung in die deutsche Bodenkunde

Von

Johannes Walther



 heutige Küste

 Meer

 Binnenseen

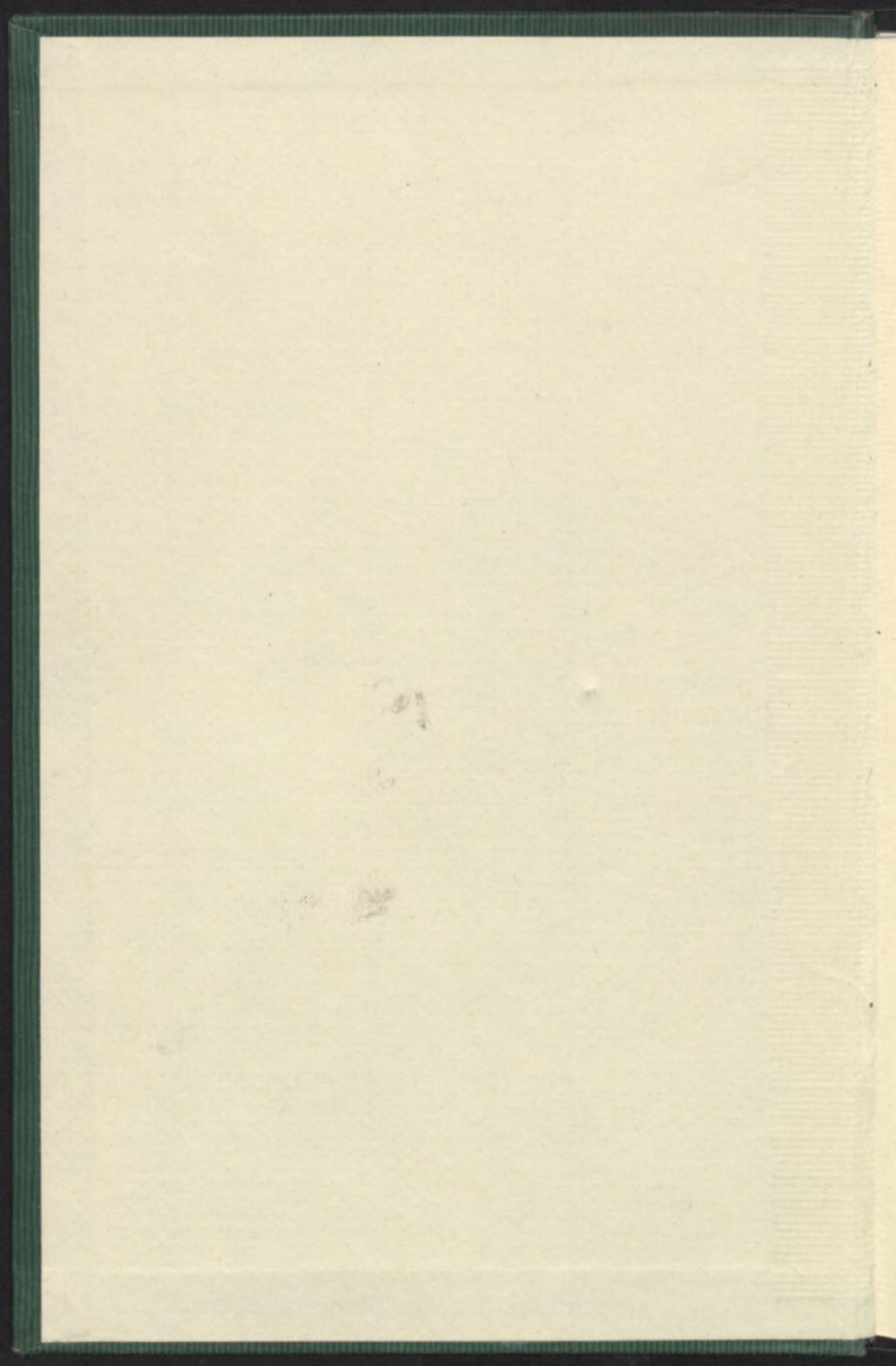
 Flüsse

Das antediluviale Europa

Walther - Einführung in die deutsche Bodenkunde

J. Walther · Einführung in die deutsche Bodenkunde





Nr. 47 1845
der Lehrer = Bücherei
der - Schule
in Kulmsee

Dr. J. J. Hoff
der Medizin. Fakultät
an der Universität
in München

Vorstandliche
Wissenschaft

Verantwortliche
Herausgeber
Herausgeber
Verlag
Ludwig Neumann



Verständliche Wissenschaft

Sechszwanzigster Band

• Einführung
in die
deutsche Bodenkunde

Von

Johannes Walther



Berlin • Verlag von Julius Springer • 1935

Einführung
in die
deutsche Bodenkunde

Von

Johannes Walther

Professor em. der Geologie und Palaeontologie
an der Universität Halle

Mit 30 Original-Zeichnungen
und -Karten



Berlin · Verlag von Julius Springer · 1935

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1935 by Julius Springer in Berlin.

Printed in Germany.

Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.



Vorwort.

Meine Jugend verlebte ich auf dem Lande. Das schmucke Pfarrhaus lag am Rand eines weiten Talkessels inmitten von grünen Wiesen und fruchtbaren Feldern, über denen sich bewaldete Berge erhoben. Im Herbste leuchteten die Talböden in roten Farben, die Gehänge waren von gelbem Schutt überrollt und die Höhen aus dunklem Basalt aufgebaut.

Meine Ausbildung wurde durch Krankheit wiederholt unterbrochen, so daß ich das Gymnasium zu Eisenach nur kurze Zeit besuchen konnte; dafür lernte ich das Leben auf dem Lande mit seinen vielseitigen kulturellen Beziehungen verstehen. Aber wenn ich auf meinen einsamen Wanderungen vom Gipfel der heimatlichen Vulkanberge in blauer Ferne den Porphyrrücken des Inselberges oder den Klingsteinkamm der Milseburg erblickte, dann packte mich die Sehnsucht nach der weiten Welt und ich träumte davon, einmal als Missionar oder Schiffsarzt fremde Länder und Völker zu sehen.

Aber das Schicksal hielt mich noch an engen Raum gefesselt und nach einem Lehrjahr als Ökonomeeeleve wurde ich an der Thüringer Hochschule als Hörer der Landwirtschaft zugelassen.

Hier trat ich in den Bannkreis des weitgereisten Biologen Ernst Haeckel, dessen Fürsprache es mir ermöglichte, in Zoologie und Botanik zu promovieren und mich nach einer vierjährigen Studien- und Reisezeit für Geologie und Paläontologie zu habilitieren.

Meine Vorlesungen ließen mir reichlich Zeit zum Arbeiten und Reisen. Ich durchwanderte Deutschland von der Maas bis an die Memel und von der Etsch bis an den Belt; ich fuhr über kleine und große Meere und untersuchte ihre Tiefen; ich zog durch ferne Länder, studierte die dort entstehen-

den Lockerdecken und gewann in der Heimat wie in der weiten Welt immer neue Förderung und Anregung für meine geologischen Arbeiten. Ihr Ziel war, die *verschiedenen Land- und Meeresböden* zu erforschen, die sich *in der Gegenwart* über und unter dem Wasserspiegel, im hohen Norden und am Äquator, in Urwäldern und Sümpfen, in Wüsten und Steppen, am Sandstrand wie auf Korallenriffen, an den Abhängen der Vulkane wie am Schmelzrand der Gletscher bilden — um damit Vergleichsmaterial für die Beurteilung der *Entstehung vorzeitlicher Gesteine* zu gewinnen. In meiner längst vergriffenen „Lithogenese der Gegenwart“, meiner „Bionomie des Meeres“, „Dem Gesetz der Wüstenbildung“ und zahlreichen anderen Schriften habe ich das Ergebnis dieser Untersuchungen veröffentlicht.

Daß ich mich bei solchen Studien auch mit den Bildungen viel beschäftigte, die man als *Böden im engeren Sinne* bezeichnet, kam zwar in diesen Abhandlungen wenig zum Ausdruck, bildete aber dafür den Inhalt von Vorlesungen, die ich in Jena vor einer kleinen, dann in Halle vor einer wachsenden Zahl von Zuhörern hielt.

Bei den damit verbundenen Übungen erkannte ich, wie anregend eine solche *geologische und biologische Betrachtung der deutschen Böden* wirkte, und als ich mich der Grenze meiner akademischen Tätigkeit näherte, nahm ich mir vor, den Inhalt dieser Vorlesungen meinen früheren Hörern als Erinnerungsgabe zu überreichen.

In den Wäldern von Holmenkollen hatte ich 1912 die erste Niederschrift begonnen; die Aufgabe beschäftigte mich weiterhin bei jeder Vorlesung und auf vielen Ferienreisen in den deutschen Gauen; sie begleitete mich in die roten Wüstenböden von Westaustralien, die Urwaldböden von Java und die Sumpfböden von Florida.

Meine Ausarbeitung näherte sich dem Ende, als ich im Jahre 1924 unerwartet vor akademische Aufgaben gestellt wurde, die sieben Jahre lang meine ganze Kraft beanspruchten und jede Weiterarbeit an eigenen literarischen Plänen ausschlossen.

Inzwischen erschien das große *Handbuch der Bodenlehre*,

in dem so mancher Abschnitt an meine eigenen geologischen Untersuchungen anknüpft und das Gesamtgebiet der auf internationalen Kongressen ausgebildeten Pedologie von ausgezeichneten Spezialisten bearbeitet wurde.

Angesichts dieser Veröffentlichung mußte ich die Frage erwägen, ob das von mir begonnene Buch daneben noch eine Daseinsberechtigung behalte. Aber die Betonung des *heimatlichen Bodens*, die Darstellung seiner *geologischen Vorgeschichte* und die Schilderung seiner *biologischen Beziehungen* zu der *bodenständigen Lebewelt* schien mir hinzureichen, um dieses Buch doch der Öffentlichkeit vorlegen zu dürfen.

Es war mein Bestreben, die bodenkundlichen Probleme in einer möglichst einfachen Form zu behandeln, die internationalen Fachausdrücke, soweit möglich, mit deutschen Worten wiederzugeben und die Darstellung durch Kärtchen und Bilder aus meiner Skizzenmappe zu beleben. Die bodenkundliche Literatur wird in dem Handbuch so vielseitig angeführt, daß ich selbst von einer gekürzten Wiederholung derselben absehen kann; um so mehr, als meine Ausführungen auf langjährigen eigenen Beobachtungen in allen Teilen der Erde beruhen.

Beim Abschluß dieses Buches danke ich meiner lieben Frau für ihre unermüdete Hilfe bei der Niederschrift, meinem Schüler Herrn Dr. W. Roepke, für die kritische Durchsicht der Bogen, Herrn Berghauptmann Redepennig für die Mitteilung der neuesten berggesetzlichen Bestimmungen und dem Herrn Verleger für die harmonische Ausgestaltung des Druckes.

Ich hoffe, daß meine früheren Zuhörer, denen ich dieses kleine „Kollegheft“ widme, gern ihrer akademischen Jugendzeit gedenken, wenn sie heute in zielbewußter Arbeit auf geheiligtem Mutterboden ein neues deutsches Vaterland organisch aufbauen. c

Halle, im März 1935.

Johannes Walther.

Inhaltsverzeichnis.

1. Das Wesen des Bodens	1
2. Der Boden als Lebensraum	3
3. Die Böden der Vorzeit	7
4. Das antediluviale Europa.	16
5. Die große Regen- und Schneezeit.	22
6. Die diluvialen Urböden	31
7. Die Besiedelung des nordischen Lebensraums	37
8. Das Klima der Gegenwart	47
9. Bodenlage und Bodengrund	60
10. Das Klima am Erdboden.	65
11. Der Standort	70
12. Die Bedeutung der Lufttrübe für die Bodenbildung . . .	76
13. Grundmasse und Einschlüsse.	85
14. Die Bodenfarbe	89
15. Bodenwasser und Grundwasser	95
16. Der Stoffwechsel des Bodens	106
17. Das Bodenprofil	114
18. Die Bodenschätze	119
19. Die natürlichen Bodenartungen	128
20. Die deutschen Bodenbezirke	135
a) Das alpine Gebiet	138
b) Das süddeutsche Stufenland	139
c) Der Rheingraben	141
d) Das Rheinische Schiefergebirge	144
e) Die mitteldeutschen Senken	145
f) Der niederländische Bezirk.	148
g) Der ostelbische Bezirk	151
21. Versunkenes Land	154
Literarische Hinweise	165
Sachverzeichnis.	167

1. Das Wesen des Bodens.

Zwischen Himmel und Erde spannt sich eine verschiebbare, für Gase und Flüssigkeiten durchlässige und von Lebewesen besiedelte Lockerschicht, die, durch unterirdische und oberirdische Kräfte beständig verändert, einen eigenartigen Stoffwechsel erkennen läßt.

Wir bezeichnen sie als Boden (Klastosphäre = Trümmershülle der Erde). Seine Einordnung in Raum und Zeit kann nur *geologisch* verstanden und sein Stoffwechsel nur *biologisch* betrachtet werden.

Die *Grundmasse* des Bodens ist ein feines Pulver, dessen leicht verschiebbare Teilchen meist durch ein *Skelett* härterer Einschlüsse getrennt werden; jene stammt aus der Lufthülle (Atmosphäre), diese vorwiegend aus dem felsigen Untergrund der Erdrinde (Lithosphäre).

Der Boden besteht nicht aus „bodenbildenden Mineralien“, die man mit mineralogischen Methoden untersuchen könnte. Man darf die Böden auch nicht als ein „Produkt der Verwitterung“ von Gesteinen oder Mineralien bezeichnen. Denn weite Flächen der Erde werden von feinpulverigen vulkanischen Aschen bedeckt, die nach wenig Jahren, *ohne zu verwittern*, die fruchtbarsten Böden bilden. In Italien und auf Java, ja selbst in der Eifel, dem Westerwald und in Nordböhmen spielen diese eine wichtige Rolle. Sogar die Ertragsfähigkeit des Ackerbodens muß bei einer allgemein wissenschaftlichen Betrachtung in den Hintergrund treten gegenüber seiner ethischen Bedeutung als *Träger bodenständigen Lebens*.

Der Boden lebt wie die auf ihm gedeihenden Organismen. Er kann krank und müde werden und durch geeignete Mittel wieder gesunden. Er kann altern, so daß mit ihm auch die Bodenorganismen sterben, und seine Daseinsgrenzen wer-

den durch Hitze und Kälte ebenso bestimmt wie die Verbreitung aller Lebewesen auf der Erde.

Mehr als die meisten Menschen ahnen, kennzeichnet der Boden die *Eigenart des heimatlichen Landschaftsbildes*. In ihm wurzelt das lebendige Heimatgefühl, das unsere Seele beherrscht, wenn wir in der Fremde weilen, und das unser Blut durch viele Generationen bewahrt. Die häufig mit scharfen Grenzen räumlich nebeneinander und zeitlich übereinander auftretenden Bodenarten bilden mit den in ihnen eingeschlossenen Resten der auf und im Boden lebenden Organismen eine Hülle um die Erdkugel, durch welche die *festen Gesteine des Untergrundes* als felsige Klippen, Inseln oder Gebirge zutage treten.

Das trockene Land wird von den Lockermassen bedeckt, die man im engeren Sinne als „Böden“ bezeichnet; sie werden von den luftatmenden Organismen bewohnt. Am Grunde der Seen und Flüsse entstehen Bodenarten, belebt von wasseratmenden Pflanzen und Tieren, und in der Tiefe des salzigen Meeres, das zwei Drittel der Erdkugel bedeckt, dehnen sich die Flächen der Meeresböden, erfüllt von den harten Schalenresten einer vielgestaltigen marinen Lebewelt.

Je höher die mittleren Tagestemperaturen steigen, desto mehr schwindet das Leben des Bodens, und nur in übertragenem Sinne kann man daher von „Wüstenboden“ sprechen. Andererseits vernichtet die Kälte der Winternacht und des Eisrandes den Stoffwechsel der Lebewelt ebenso wie den des Bodens, und so entstehen unter den gewaltigen Eisdecken zwar mächtige Massen von „Eisböden“, denen aber jenes innere Leben fehlt, das dem Stoffwechsel der Organismen ähnlich ist.

Obwohl unsere Heimat heute von den mittleren Schwankungen eines *gemäßigten Klimas* beherrscht wird, hat sie doch im Laufe der geologischen Vergangenheit auch die klimatischen Bedingungen von Wüsten, Steppen und polaren Eisdecken erlebt, und manche unserer älteren Böden tragen noch heute in wichtigen Eigenschaften den Stempel ihrer Entstehung.

Betrachten wir die Masse unserer Böden und deren Be-

ziehung zu ihrem Untergrund, so zeigt sich deutlich, daß ihr heutiger Zustand erst *nach jener seltsamen Klimaperiode* entstand, die man als die „Eiszeit“ bezeichnet; und wenn wir den inneren Aufbau der Bodendecke sorgfältig prüfen, dann erkennen wir auch, daß augenfällige Veränderungen seines Gefüges *nach dieser Periode* erfolgt sein müssen.

Da die Unterkante des Bodens in vielfachen Beziehungen zu den vor der Eiszeit gebildeten Grundgesteinen steht, soll es unsere Aufgabe sein, die *antediluvialen* und *postdiluvialen* bodenbildenden Vorgänge von den *während der Diluvialzeit* herrschenden Umständen zu unterscheiden.

Wir werden zu zeigen haben, wie die ältesten Bewohner unseres Vaterlandes nur flüchtige Beziehungen zu dem Boden gewannen, über den sie in regellosen Wanderungen dahinzogen. Wir werden die Veränderungen durch Schnee- und Eisdecken schildern, die den nordischen Lebensraum beherrschten. Wir werden verfolgen, wie nach dem Schwinden des Eises siedelnde Rassen vom Boden Besitz nahmen und das Niemandsland durch zähe Arbeit zur „heimischen Scholle“ machten. Wir werden zeigen, daß zielbewußte Arbeit von vielen bodenständigen Generationen nötig war, um das „Unland“ zum Land zu machen, das „Unkraut“ durch Kräuter zu ersetzen und statt des „Ungeziefers“ das Geziefer der Haus- und Lebensgenossen zu zähmen und zu züchten.

2. Der Boden als Lebensraum.

Diese Arbeit von langen Jahrtausenden bedingte die *Verwurzelung bodenständiger Rassen* mit ihrem „Grund und Boden“ und formte gleichzeitig einen Stand von Bodenbebauern, dessen wertvollste Eigenschaften aus dem Boden aufblühten und schicksalhaft mit ihm verbunden blieben.

Wenn wir vom Ufer des Flusses nach dem Gebirge schreiten und die uns begegnenden Landschaftsbilder nach Bodenart, Farbe, Bewachung und Tierwelt vergleichen, so beobachten wir in buntem Wechsel der Einzelformen doch eine gesetzmäßige Folge der nebeneinander auftretenden Landschaften:

Das steilwandige Ufer wird von einem schmalen Pflanzensaum begleitet, dessen Wurzeln tief in den Auenboden hinabreichen und der bei Hochwasser vom austretenden Fluß überspült wird. Dann dehnt sich die oft viele Kilometer breite, horizontale Aue aus, die sich nur zur Zeit der Heuernte belebt. Kleine Senken, die uns an alte Flußschlingen erinnern, sind von Erlen und Weiden bewachsen, und nur wenige Siedlungen sind über die Ebene verstreut.

Indem wir die Aue verlassen, wandelt sich Landschaft, Boden und Lebewelt. Das Gelände besteht aus gerundeten Hügeln; festgebaute Straßen verbinden schmucke Dörfer mit betriebsamen Städtchen, der Boden erfreut uns im Frühjahr durch das Grün der Saaten, aber im Herbst zeigen uns die frisch geackerten Felder die roten, braunen, grauen und weißen oder dunklen Farben verschiedener Bodenarten.

Wo Klippen oder Bergwände aus der sanftgewellten Oberfläche heraustreten, herrscht die Farbe anstehender Gesteine vor, deren harter Felsenschutt mit Wald bewachsen ist, und nur vereinzelt dringt das gerodete Ackerland in die dunkle Wand der Berge hinein.

Je steiler das Gebirge ansteigt, desto mehr ist der Boden mit Felsstücken durchsetzt, die von den Hängen herabgeglitten sind; das Flußnetz ist nun auf enge Talrinnen beschränkt, die Flußaue wird schmaler, Felsen treten bis an das Ufer heran, und der Waldarbeiter tritt an die Stelle des Bauern.

Auch wenn wir vom Ufer des Meeres nach dem Festland vordringen, das norddeutsche Flachland mit seinen Seen durchwandern, die deutschen Mittelgebirge mit ihren Schieferbergen durchstreifen oder die fränkische Ebene bis zum steilen Albrand, oder indem wir die bayrische Hochebene bis zur Kette des Hochgebirges kreuzen, immer wieder beobachten wir mit dem Wechsel des Geländes, der Wasserverteilung und der Bodenart einen Wechsel der darauf gedeihenden, bodenständigen Lebewelt, und was der Zoologe oder Botaniker als *Standort* bezeichnet, das unterscheidet der Landbewohner als Lage und Schlag.

In derselben Weise, wie das Festland durch Bodenart und Lebewelt in einzelne Gebiete zerlegt wird, verfolgen wir am

Meeresgrund die mannigfaltigen Meeresböden, von denen jeder eine andere bodenständige Lebewelt ernährt.

Denn ebenso wie die Wandertiere und Zugvögel weite Strecken des Festlandes durchziehen und doch an einem bodenkundlich bestimmten Standort ihr Nest und ihre Heimat haben, so verfolgen wir auch in den Abgründen des Ozeans engbegrenzte *Lebensbezirke*, in denen ganz verschiedenartige Lebensgenossenschaften von Bodentieren ihre Heimat haben, während die Schwärme der Fische von ihren Laichplätzen weite Wanderungen unternehmen, um zuletzt doch wieder zu ihnen zurückzukehren.

So beherrscht *der Standort als biologische Einheit* Entwicklung und Verbreitung der dort gedeihenden Lebewelt, gleichgültig, ob es sich um eine Kolonie buntfarbiger Pilze am Boden des Waldes, eine Austerbank am Meeresgrund, ein Rudel Hirsche oder eine Horde von Urmenschen handelt. Und diese Standorte unterscheiden sich nicht allein durch die daselbst bodenständigen Pflanzen und Tiere, sondern letzten Endes durch die dort verbreiteten Bodenarten.

Je mehr wir uns allerdings von den Urzuständen primitiven Lebens bis zur Kulturhöhe der Gegenwart bewegen, desto mehr verwischen sich die ursprünglichen Grenzen der Lebensgenossenschaften, ändert sich ihre Zusammensetzung und ihre Verbreitung. Aber überall, wo jene Zustände noch heute herrschen, ist der *ursächliche Zusammenhang zwischen Boden und bodenständiger Lebewelt* deutlich zu erkennen.

Betrachten wir diese Zusammenhänge etwas näher, so sehen wir zunächst, welchen Einfluß der *geologische Untergrund* auf den darüberliegenden Lockerboden hat. Dann beobachten wir, wie die *klimatischen Bedingungen* der darüber lagernden Atmosphäre oder des Süß- und Seewassers auf den Boden wirken, und lernen nun auch verstehen, welche vermittelnde Rolle die dazwischen gelagerte *Lebewelt* spielt, indem sie durch ihren Lebensprozeß und dessen Ausscheidungsstoffe den Wurzelboden ebenso beeinflusst, wie dieser das Leben und Gedeihen der bodenständigen Organismenwelt.

Diese selbst aber ist im Naturzustande aus zahlreichen, ganz verschiedenartigen Lebensformen zusammengesetzt. Die

Urwiese besteht nicht etwa, wie der Rasen des Ziergartens, aus einer einzigen Grasart, sondern setzt sich zusammen aus Blumen und Gräsern, Moosen und Algen. Zu ihr gehören auch die im Boden sich entwickelnden Insekten, die Würmer und Nagetiere, die Eidechsen und Schlangen, ebenso wie die Vögel, die zwischen den Gräsern ihre Nester bauen.

So ist auch der Wald ursprünglich nicht eine Reinzucht von Buchen oder Kiefern, sondern eine verwickelte Lebensgenossenschaft von hohen Baumarten und niederen Sträuchern des Unterholzes, von Flechten, Pilzen und Moosen, von Kräutern und Gräsern, von bodenbewohnenden Bakterien und Pilzfäden, von Würmern, Insekten und Schnecken. Die Vögel, die in der Baumkrone nisten, gehören ebenso zum Walde wie der Hirsch und der Fuchs, der Luchs und die Wildkatze.

Wenn wir nach denselben Gesichtspunkten eine Austernbank in der Nordsee, einen Fischgrund an der norwegischen Küste, ein tropisches Korallenriff oder ein Tiefseebecken behandeln, so können wir auch hier feststellen, daß das Leben ursprünglich stets in Gestalt eines *formenreichen Lebensverbandes* (= *Synusie*) auftritt, der mit seinem ganz verschiedenartigen Stoffwechsel neben- und durcheinander und in *gegenseitiger biologischer Abhängigkeit* lebt, sei es als Lebensgenosse, sei es als Schmarotzer, alle die kleinen Möglichkeiten ausnützend, die der Boden und das Klima des Standortes bieten.

Auf jedem durch Boden und Klima bestimmten Standort bildet sich also in wenigen Generationen eine nach Artenzahl wie nach Häufigkeit wohlbestimmbare Lebensgemeinschaft aus, die so lange besteht, wie die Bedingungen des Bodens unter ihr und des Klimas über ihr unveränderlich bleiben.

Man hat viel darüber nachgedacht, weshalb ein einzelnes Mäusepaar oder eine einzige Pflanzenart von großer Fruchtbarkeit den ihr verfügbaren Lebensraum in kurzer Zeit nicht vollkommen ausfüllt und weshalb die Bevölkerungsdichte nicht nur von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bestimmt wird. Aber nur eine *aus vielen Arten bestehende Synusie* (Lebensverband) kann die Bedingungen des Lebensraumes

voll ausnützen, und so regelt der biologische Wettbewerb ebenso sehr die Menge der zusammenlebenden Formen wie die Vermehrung der einzelnen Arten.

3. Die Böden der Vorzeit.

Wenn wir eine Grube ausheben, um den unter dem fruchtbaren Mutterboden liegenden Untergrund zu untersuchen, oder wenn wir den durch ein Braunkohlenwerk geschaffenen Tagebau betrachten, dann können wir leicht *untereinander* eine Anzahl Bodenarten von verschiedener Farbe, Festigkeit und Fossilgehalt unterscheiden.

Wir sehen dann wohl unter dem dunklen, fruchtbaren Mutterboden, in dem eine Münze uns zeigt, seit wieviel Jahrhunderten er schon bearbeitet wurde, eine ältere Erdschicht, in der wir Bronzewaffen und seltsam verzierte Tongefäße beobachten, die augenscheinlich aus der Vorzeit stammen.

Dann folgt ein gelber, harter Lehm, von senkrechten Lösen zerschnitten (als „Löß“ bezeichnet), in dem wir neben einheimischen Landschnecken die Knochen des mit dem indischen Elefanten nahe verwandten Mammut und die Zähne kleiner Nagetiere finden, wie sie noch heute in den asiatischen Steppen leben.

Darunter liegt eine Schicht grober Steingerölle, in denen wir die Steinarten wiedererkennen, die der nahe Fluß in seinen Kiesbänken verfrachtet. Aber dieses Kieslager liegt 30 m über dem heutigen Hochwasserspiegel, und die Gerölle können nicht wie Gummibälle an der Flußoberfläche dahingetrieben worden sein, sondern wanderten in der tiefsten Sohle einer jetzt verlassenen Flußrinne.

Wir setzen unsere Beobachtungen nach unten weiter fort und finden einen blendend weißen Sand, der, einst in flachen Dünen aufgehäuft, keine Spuren von Lebewesen zeigt, aber darunter lagert 50—100 m mächtig eine dunkle Braunkohle. Leicht überzeugen wir uns, daß sie nur aus vermoderten Pflanzenresten besteht, die nachträglich bis auf ein Fünftel ihrer Masse zusammengesunken sind. Die Bildung von 250 bis 500 m Pflanzenmoder muß also viele Jahrtausende bean-

spricht haben. Wir finden darin die Wurzelstöcke von Sumpfyypressen mit bis 5000 Jahresringen, wir sehen das Blattgeäder amerikanischer Eichen und tropischer Zimtbäume, wir finden Palmenblätter und entdecken vielleicht sogar zerfallende Knochen und gebräunte Zähne seltsamer Ursäuger. Der 40 cm lange Unterkiefer des tapirähnlichen Lophiodon ist uns aus den Steinbrüchen des Montmartre bei Paris bekannt, Halbaffen erinnern uns an ihre in Madagaskar noch heute lebenden Nachkommen, und die zierlichen Hufe eines pferdeähnlichen Tieres von Hundegröße, sowie eine Fülle anderer seltsamer Säugetiere setzen eine völlig ausgestorbene Lebewelt zusammen.

Was wir hier auf kleinem Raum leicht unterscheiden und untersuchen können, das bietet uns jeder natürliche oder künstliche Aufschluß in der ganzen Welt.

Überall beobachten wir, daß unter dem heutigen Oberboden ältere, bodenfremde, unter anderen geologischen Bedingungen entstandene Bodenschichten liegen, von denen *jede tiefer „Liegende“ immer zeitlich älter als „die Hangende“ ist*. Farbe, Festigkeit und Mächtigkeit wechseln von Land zu Land, aber durch sorgfältige wissenschaftliche Untersuchungen aller natürlichen Aufschlüsse unter stetem Vergleich mit dem Ergebnis bergbaulicher Tiefbohrungen und Schachtanlagen hat man festgestellt, daß allein in Deutschland und seinen Grenzländern 25 000 m lockerer oder verfestigter uralter Landböden, Sumpfböden, Steppenböden, Wüstenböden, Meeresböden oder vulkanischer Aschenböden übereinanderliegen.

Diese Gesteine sind nachträglich durch großzügige gebirgsformende (= tektonische) Kräfte verschoben, zerbrochen, gefaltet, abgetragen und von unterirdischen Glutflüssen durchsetzt worden und bieten heute ein so verwickeltes Bild, daß man in jeder Landschaft und jedem deutschen Gau einen anderen Aufbau der Erdrinde deutlich nachweisen kann. Wenn wir versuchen wollen, diese so überaus mannigfaltigen Zustände des geologischen Untergrundes in einem schematischen Durchschnitt (= geologisches Profil) darzustellen, so erkennen wir (Abb. 1), daß unser Vaterland aus drei großen

Schichtenfolgen besteht, von denen die ältere (1—9) eine Mächtigkeit (= Dicke) von mehr als 10000 m besitzt. In ihr sind die Steinkohlenlager und die meisten Erzlagerstätten enthalten, und der ganze Schichtenstoß wurde in der Periode 10 gefaltet. Daher liegen diese einst horizontal abgelagerten Gesteinplatten heute in großen Schichtenmulden und Sätteln nebeneinander.

Nachdem die höheren Teile dieses uralten Gebirgssystems wieder abgetragen worden waren, sank unsere Heimat wieder unter den Spiegel des Weltmeeres, und es entstanden zunächst festländische, dann rein marine Ablagerungen von etwa 12000 m. Vulkanische Porphyrydecken und Salzlager

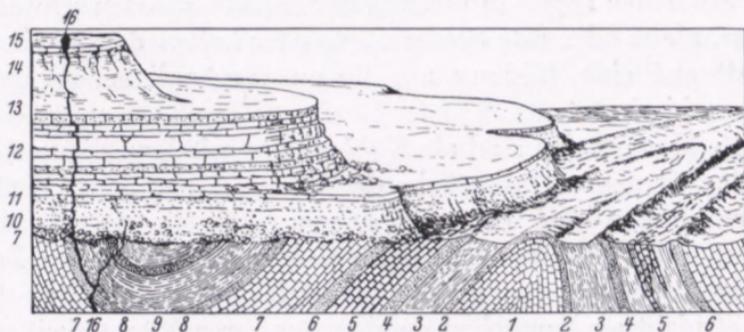


Abb. 1. Der Schichtenaufbau von Deutschland, bestehend aus einer älteren gefalteten und von oben wieder abgetragenen Schichtenfolge (1—7) und einem darauf ungleichförmig (7—8) abgelagerten Stockwerk jüngerer Schichten (8—15), durchsetzt von einem vulkanischen Schlot, der, in der Tiefe beginnend, bei 16 als Basaltkuppe zutage tritt.

sind in diesen Perioden (8—15) der Mittelzeit entstanden. Die dritte Schichtenfolge hat zwar nur etwa eine Mächtigkeit von 2000 m, aber sie enthält unsere Braunkohlenlager und schließt mit den Ablagerungen der großen Schneezeit ab, innerhalb deren das Menschengeschlecht zum erstenmal auftritt und rasch die Erde besiedelt. Auf unserer Abbildung erinnert nur eine in jener Zeit entstandene Basaltkuppe an die vielen erdgeschichtlichen und bodenbildenden Vorgänge dieser letzten Erdperioden.

Wir nennen diese älteren Bodenschichten, die nachträglich meist verhärtet sind, Gesteine oder *Felsarten*, und die

vergleichende Gesteinkunde (= Lithologie) hat in allen Erdteilen festgestellt, daß gewisse Gesteinarten in der allgemeinen Schichtenfolge immer wiederkehren. So finden wir bunte *Sandsteine* in verschiedenen Zeitaltern abgelagert; eine solche Gesteinfolge erreicht z. B. in Hessen eine Mächtigkeit von über 1000 m. Graue oder weiße Sandsteine in anderen Perioden der Vorzeit enthalten die Abdrücke von Sumpfpflanzen und erreichen ebenfalls Mächtigkeiten von mehreren tausend Metern.

Besonders häufig sind daneben dünne, aber auch bis 500 m anschwellende Lager von *Kalken*, in denen wir oft die wohl erhaltenen Hartgebilde von Meerestieren finden.

Dazwischen liegen in mächtigen Schichtenpaketen schwarze, graue, blaue oder rote Schiefertone oder *Letten*, deren Lebensinhalt auf eine Bildung am Boden vergänglicher Wasserbecken hindeutet.

Alte Moderböden sind als *Kohlenlager* erhalten, die uns die Blätter, Samen und Aststücke der Pflanzen, aus deren Zerfall sie entstanden sind, erkennen lassen.

Daß diese mächtigen Schichtenfolgen nur in langen Zeiträumen entstanden sein können, ist leicht verständlich, und es hat nicht an Versuchen gefehlt, aus ihrer Mächtigkeit und Lage Schlüsse auf ihre Bildungsdauer zu ziehen.

Aber alle solche Berechnungen enthalten zahlreiche Fehlerquellen, die ihre Sicherheit sehr beeinträchtigen. Eine neuerdings oft versuchte Zeitberechnung beruht auf der Erfahrung, daß radioaktive Mineralien beim Zerfall ihrer Moleküle einen mikroskopischen Hof bilden, aus dessen Durchmesser man die Zeitdauer ihres Bestehens berechnen kann. Nach diesen Berechnungen begann die Braunkohlenzeit vor ungefähr 35 Millionen Jahren, und die Steinkohlen können 400 Millionen Jahre alt sein, während die älteste (kambrische) Fauna ein Alter von ungefähr 800 Millionen Jahren besitzen soll wie unsere Tabelle S. 15 andeutet.

Mineralien in dem noch älteren kristallinen Grundgebirge lassen vermuten, daß seine Ausbildung vor 1000 Millionen Jahren abgeschlossen war, und aus dem Vergleich der ältesten bekannten irdischen Gesteine mit den aus dem Welten-

raum herabfallenden Meteoriten vermutet man, daß unsere Erde ein Alter von 2000 Millionen Jahren hat.

Aber alle diese Zahlen geben nur die ungefähre Größenordnung der geologischen Zeiträume an, ohne auf wissenschaftliche Genauigkeit Anspruch machen zu können.

Als man die Aufeinanderfolge der Erdschichten genau festgelegt hatte, versuchte man die Namen verbreiteter Gesteine zur Bezeichnung geologischer Zeitalter zu wählen und sprach von einer *Kohlenformation*, *Sandsteinformation* oder *Kreideformation*. Aber da rote Sandsteine, schwarze Kohlen und weiße Kalksteine in der Erdgeschichte immer wieder gebildet worden sind, hat sich die darauf beruhende *Einteilung der Erdschichten* nicht bewährt.

Von größter Bedeutung wurde es daher, als man erkannte, daß die meisten Gesteine, welche die Erdrinde aufbauen, *ehemalige Böden* sind, die auf dem Festland oder unter dem Meeresspiegel entstanden und *zur Zeit ihrer Bildung eine bodenständige Lebewelt* trugen. Mochten dies die Landpflanzen kalter Zonen oder die Säugetiere der Tropen sein, mochten es Austern und Korallen der Flachsee oder die Schalthiere größerer Meerestiefen sein, immer wieder stellte die geologische Arbeit den *engen Zusammenhang zwischen bestimmten Gesteinen und bestimmten Lebensgenossenschaften* fest, so daß der sammelnde Geologe aus einem Gesteinbruchstück seiner Heimat mit einiger Sicherheit voraussagen kann, welche Abdrücke vorzeitlichen Lebens er darin erwarten kann.

Aber noch viel wichtiger wurde die Erkenntnis, daß die *Arten und Gattungen* der Tiere des Meeres, ebenso wie die der Landpflanzen und Landtiere, im Laufe der geologischen Vergangenheit nach gesetzmäßigen Regeln wechseln.

Der Laie nimmt gewöhnlich an, daß unser Erdball in den ältesten Zeiten nur von niederen Tieren belebt gewesen sei, aus denen sich langsam oder schrittweise die höheren Tiergruppen entwickelten.

Das gilt wohl für die Wirbeltiere des Landes, die uns eine deutliche Folge von amphibienähnlichen Kriechtieren und immer höher aufsteigenden Säugetieren erkennen lassen. Die *Wassertiere des Meeres* dagegen lassen eine solche aufstei-

gende Entwicklungsreihe nicht erkennen. Denn schon die ältesten bekannten Meeresablagerungen sind erfüllt mit einer reichen Fauna großer, mannigfaltiger und hochentwickelter, aber fremdartiger Tiere. Der Anfang des Lebens liegt also tief unter der Grenze des ersten Auftretens von Fossilien. Wichtig aber ist eine andere Tatsache: in jeder größeren Erdperiode (Formation), oft sogar in ihren kleineren Abschnitten (Zonen), lebten andere Arten und Gattungen, und die *Aufeinanderfolge* derselben ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in den fernsten Kontinenten in ihren großen Zügen dieselbe.

Ein bestimmtes Ammonshorn, eine Fischart oder eine Koralle finden wir also in den Ablagerungen derselben Periode in England ebenso wie in Nordamerika, und z. B. die glänzende Schale der nußgroßen *Terebratula vulgaris*, die im deutschen Muschelkalk ganze Bänke zusammensetzt, findet sich ebenso in Spanien wie am Ufer des Jordan.

Solche weitverbreiteten Schalenreste oder Abdrücke, welche uns erlauben, einen bestimmten Abschnitt der Erdgeschichte über weite Länder zu verfolgen, nennt man *Leitfossilien*.

Mit Hilfe dieser nacheinander lebenden und meist in Millionen von Exemplaren in den Gesteinen verbreiteten Zeugen des vorzeitlichen Lebens hat man nun in allen Ländern der Erde die Schichtenfolgen verglichen, und dabei haben sich folgende Tatsachen ergeben:

1. Das Leben ist im Meere seit mindestens 800 Millionen Jahren *ununterbrochen* verbreitet gewesen und hat in dieser Zeit nicht nur immer *neue Arten* erzeugt, sondern bestand immer aus zahlreichen, miteinander lebenden *Lebensgenossen*. Die Artenzahl derselben wechselte von Ort zu Ort, aber die faunistische Eigenart jeder Zeitepoche ist leicht zu erkennen.

2. Die meisten *Lebensverbände* sind an ein bestimmtes Gestein (Fazies = Boden) gebunden, treten mit ihm plötzlich auf und verschwinden, wenn das bodenständige Gestein wechselt.

3. Niemals hat eine allgemeine Katastrophe diese Lebenslinien zerschnitten, denn *dauernde Ahnenreihen* leiten uns von einer Epoche zur anderen.

4. Wir können über die ganze Welt vier große *Zeitalter des Lebens* auf Grund der Verteilung der Meerestiere verfolgen und unterscheiden sie als:

1. Urzeit (= Archaikum),
2. Altzeit (= Paläozoikum),
3. Mittelzeit (= Mesozoikum),
4. Neuzeit (= Känozoikum).

5. Oft sind diese Zeiträume durch ihre Lebewelt scharf getrennt, in anderen Ländern aber durch allmähliche Übergänge verbunden.

6. Erst seit der *Devonperiode* treten *Landpflanzen* und *luftatmende* Landtiere auf und zeigen eigenartige Entwicklungsfolgen, die sich mit denen der Meerestiere nicht vollkommen decken.

Man hat vielfach erwogen, wodurch diese seltsamen und großzügigen Umgestaltungen der irdischen Lebewelt verursacht wurden, aber weder allgemeine Erdbeben noch weitverbreitete Vulkanausbrüche lassen sich im Schichtenbau der Erdrinde nachweisen, die man als die universellen Ursachen so tiefgreifender Umwandlungen ansehen dürfte.

Neuerdings mehren sich aber die Anzeichen dafür, daß diese Umgestaltungen des Lebens jedesmal eingetreten sind, wenn *große Flächen des Festlandes mit gewaltigen Eisdecken* überzogen waren.

Zwar sind die Eisdecken längst geschmolzen, aber sie haben ein untrügliches Kennzeichen ihrer ehemaligen Ausdehnung in dem seltsamen Steinbrei hinterlassen, der bei ihrem Schmelzen zu Boden sank. Man nennt solche Gesteine Blocklehm (= Tillit) oder Grundmoräne und erkennt sie leicht an dem bodenfremden Material von groben und kleinen, unsortierten Blöcken (Abb. 2), deren Oberfläche nicht selten den glatten Schliff und die scharfgezeichneten Kritzen der sich bewegenden Masse zeigt.

Aus der Tabelle S. 15 ersieht man, daß in der Periode 1. (Algonkium), 6. (Perm) und 11. (Diluvium) eisgetragene Moränen von großer Verbreitung dem großen Paket der Erdschichten eingeschaltet sind.

Die diluvialen Eisdecken reichten vom Nordpol bis nach der Elbe und von Kanada bis zum Ohio, auch zahlreiche Gebirge trugen in derselben Zeit Gletscher und Eisdecken.

In der unteren Permzeit war ein großer Teil von Australien, Ostindien, Südafrika und Südamerika unter Eisdecken begraben, und die algonkischen Eisdecken kennt man aus dem Kapland ebenso wie von Australien, China, Kanada und Norwegen.

Man kann nicht bezweifeln, daß die Ursache dieser mehrfach wiederkehrenden, allgemeinen Änderungen des irdischen Klimas mit einer *Änderung der Sonnenstrahlung* zusammenhängt.

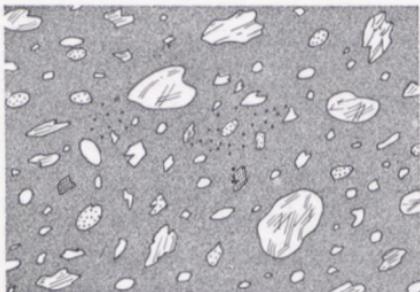


Abb. 2. Glazialer Blocklehm, regellos aus Ton und Sand, mit eckigen, abgerollten oder eisgeschliffenen Steinbrocken gemischt; locker oder nachträglich verhärtet, mit roter, grauer gelber oder buntfleckiger Grundmasse.

Da man das Eis als das wichtigste Kennzeichen solcher klimatischer Veränderungen ansah, lag es nahe, an eine vorübergehende „*Abnahme* der Sonnentemperatur“ zu denken. Aber dieser so weitverbreiteten Hypothese stehen gewichtige Bedenken entgegen:

Denn die Ursache von Gletschern und Eisdecken, die viele Jahrtausende über das Land dahingleiten, und der Schneefälle, die Zehntausende von Jahren hindurch erfolgen mußten, um diese Eisdecken und Gletscher zu nähren, beruhen auf einer *allgemeinen Steigerung* derselben klimatischen Kräfte, die heutzutage im geringeren Ausmaß den *Kreislauf des Wassers auf der Erde* bestimmen.

Damit sich Nordeuropa und Nordamerika mit Schnee- und Eisdecken durch Jahrtausende hindurch überziehen konnten, mußte die Sonne ebensolange *größere Mengen* von Seewasser verdunsten, *mehr* Schneewolken erzeugen und *reichere Schneefälle* veranlaßt haben.

Wir müssen bedenken, daß sich in den großen Kreislauf des Wassers, der am Äquator mit der Verdunstung des Mee-

res beginnt und (s. Abb. 18) durch wasserreiche Regenwolken, flüssiges Regenwasser, flüssige Ströme nach dem Meere zurückführt, sich während einer „Eiszeit“ trockener Schnee

Zeit	Formationen	Vor Jahr-million.	Kohlen	Eisböden	Verbreitung der
Neuzeit	Alluvium	1			Menschen
	11. Diluvium				Urmenschen
	10. Tertiär	30	===== Braunkohle		Lemuren
Mittelzeit	9. Kreide	400			
	8. Jura				
	7. Trias				Säugetiere
Altzeit	6. Perm	400	===== Steinkohle		
	5. Karbon				
	4. Devon				Luftatmer
	3. Silur				Wirbeltiere
Urzeit	2. Kambrium	800			
	1. Algonkium	1000			
	Kristallines Grundgebirge				Wirbellosen Wassertiere

und gleitendes Eis einschalten, am Eisrand abschmelzen und als flüssiges Wasser den Kreislauf nach der Küste wieder fortsetzen. Ob am Kilimandscharo zu den Niederschlägen tropischer Regenwolken ein wenig geschmolzenes Gletscherwasser hinzu kommt, oder ob eine 1000 km breite Eisdecke

die Schneefälle in Norwegen mit den Schmelzwassern der zur Nordsee strömenden Elbe verbindet, das sind im Grunde genommen nur verschiedene Grenzfälle desselben atmosphärischen Vorgangs.

Man hat berechnet, daß die während der diluvialen Vereisung als fester Schnee und festes Eis auf dem Festland gefesselten Wassermengen einer *70 m hohen Schicht des gesamten Weltmeeres* entsprachen, die während der Eiszeit durch Verdunstung dem Ozean entzogen wurde und erst nach vielen Jahrtausenden in sein gewaltiges Becken wieder zurückströmte.

Nur eine allgemeine Vermehrung der Verdunstung, der Regenmenge und der Schneeniederschläge, mit anderen Worten eine *Erhöhung der Sonnenstrahlung*, kann als die wichtigste Ursache für die Entstehung einer Eiszeit angesehen werden. Wir nennen sie deshalb besser Regen- und Schneezeit. Deren bodenbildende und lebensverändernde Wirkungen werden wir in den nächsten Abschnitten schildern.

4. Das antediluviale Europa.

Schon während und beim Ausgang der Tertiärperiode entstanden in Nordeuropa die riesigen Verwitterungsdecken, die dann durch diluviale Gletscher, Flüsse und Stürme neu verteilt wurden. Als dann die Eisdecken geschmolzen waren, bildeten sich chemische Umlagerungen in der Masse vieler deutscher Böden.

Wenn wir also diese weitverbreiteten Erscheinungen ursächlich verstehen wollen, müssen wir uns über das vordiluviale Europa ebenso klar sein, wie über die sich in der Diluvialzeit vollziehenden geographischen und klimatischen Veränderungen¹.

¹ In der internationalen Nomenklatur der geologischen Formationen bezeichnet man die X. Periode als die Tertiärzeit und nennt die folgende XI. Periode oftmals auch die „Quartärzeit“. Aber diese Bezeichnung erweckt die Vorstellung, als ob man den vorhergehenden Zeitabschnitt als „Sekundärzeit“ zusammenfassen dürfe, was angesichts der Formationstabelle von S. 15 unmöglich ist. Wir verwenden daher hier den allgemein verständlichen Ausdruck antediluvial.

Der Küstenumriß des tertiären Europa (Abb. 3) war von dem heutigen grundverschieden. Eine *breite Landbrücke* zog von Tunis bis Sizilien und von Marokko nach Spanien. Hohe Gebirge, deren Spitzen als Inseln (Balearen, Korsika, Sardinien, Sizilien) noch heute über den Spiegel des Meeres ragen, waren durch weite, reichbewässerte Tiefländer verbunden, und so konnte sich die nordafrikanische Tierwelt ohne Schwierigkeiten von Abessinien und dem Atlas über



Abb. 3. Das antediluviale Europa.

Berg und Tal bis nach den Alpen und nach Deutschland verbreiten.

Aber auch Großbritannien war landfest mit Frankreich verbunden, und wo heute die Fluten des Ärmelkanals wogen, mündete die Seine in den Atlantik und der Rhein mit der Themse in die *Nordsee*. Deren Südufer lag etwa an den untermeerischen Fischgründen der Doggerbank, wo man noch heute die Skelette ertrunkener Elefanten findet.

Die Ostsee existierte noch nicht. Eine breite Niederung, aus der die Kreidefelsen von Rügen, der Granitsockel von Bornholm und die Kalkgebirge von Gotland und Ösel aufragten, war von einem großen *Urstrom* beherrscht, der mit seinen Nebenflüssen zwischen Dänemark und Schonen in die tiefe Rinne des Skagerrak mündete.

Das östliche Mittelmeer bildete den salzreichen Überrest eines viel größeren Beckens, das durch die von Norden vordringenden Gebirgsketten eingeengt war. Die Adria war bis Apulien und Korfu eine weitere Niederung, die der Po bewässerte, und bei Rhodus mündete der gewaltige thrakische Urstrom, der die Wassermasse der Donflüsse (Donau, Dniepr, Dniestr, Don und wahrscheinlich auch der Wolga) in das levantinische Mittelmeerbecken trug, während aus dem Sudan die gewaltige Wassermasse des Nil einströmte.

Die damals gebildeten Böden sind in der seither verfloßenen Zeit zum größten Teil von ihrer felsigen Unterlage wieder abgetragen oder vom Meere überflutet. Aber wo wir ihre Reste untersuchen können, zeichnen sie sich durch rote Farbe aus, und diese *Roterde* (Terra rossa), die im Norden meist vergilbt oder in Braunerde verwandelt ist, enthält die verstreuten Überreste der damals lebenden Tierwelt.

Solange Europa den verbindenden Eckpfeiler zwischen Afrika, Asien und dem Norden bildete und ein gleichmäßiges Klima in diesen Ländern gleichmäßige Lebensbedingungen schuf, konnten afrikanische, nordische und asiatische Tiere bis in das Herz von Europa wandern. So treffen wir in den damals gebildeten Ablagerungen den *indischen Elefanten* (das Mammut), den *nordischen Moschusochsen* (Praeovibos), den gewaltigen *Rüsselträger Afrikas* (Elephas antiquus) und das *afrikanische Flußpferd* (Hippopotamus), dessen biologisch-klimatische Bedeutung wir etwas eingehender betrachten müssen.

Das Nilpferd wurde noch von den Pharaonen im Nildelta gejagt, hat sich aber seither bis nach dem oberen Nil zurückgezogen. Es überschreitet leicht die flachen Wasserscheiden Zentralafrikas und ist daher bis zum Kongo, Senegal und bis weit nach Südafrika verbreitet.

Abgesehen von einer kleinen verwandten Gattung, die heute in den afrikanischen Gebirgen lebt, finden wir die gewaltigen Riesen nur in wasserreichen Flußsystemen, wo sie, tagsüber im schlammigen Wasser verborgen, nur ihre Nasen und Augen über den Wasserspiegel heben oder in der tropischen Sonne auf den Schlammhängen liegen. In der Nacht aber unternehmen sie Wanderungen in das mit dichtem Schilf und blattreichen Wasserpflanzen bewachsene Ufergelände und füllen sich ihren Magen mit riesigen Futtermengen. Ihre dicke, glatte Haut schützt sie gegen alle Feinde, aber ihr Fettpolster und die großen Hauer machen sie zur willkommenen Jagdbeute des Menschen.

Wenn nun Skelettreste dieses eigenartigen Sumpftieres durch ganz Nordafrika bis nach Malta und Sizilien, ebenso wie über Spanien und Frankreich bis nach dem Rheintal und bis nach England verbreitet sind, wenn sogar genau dieselbe Art vor der Diluvialzeit bei Wiesbaden und heute am Kongo lebte, dann ergibt sich daraus der biologische Schluß, daß dasselbe Klima von Nordafrika bis nach Nordeuropa gereicht haben muß.

Man hat viele Versuche unternommen, um diese seltsame Gleichartigkeit des europäischen mit dem nordafrikanischen Klima in der Tertiärzeit zu erklären, aber dabei ergaben sich stets unlösbare Widersprüche.

Nur wenn wir (s. Abb. 4) annehmen, daß während der Tertiärperiode der Nordpol in der Mitte des Atlantischen Ozeans lag, dann mußte der gesamte eisbildende Polarkreis

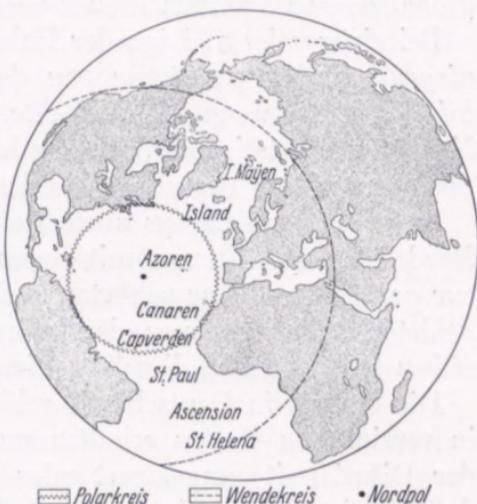


Abb. 4. Vermutliche Lage des Polargebietes während der Tertiärperiode und die Verteilung der Vulkangebiete in der Atlantischen Senke.

über dem Weltmeer liegen und reichte kaum bis an die Küsten von Kanada und Guinea heran.

Mochte es in diesen ozeanischen Polargebieten noch so viel schneien und noch so große Kälte herrschen, so konnte sich doch *kein Gletscher und kein Eisberg* bilden. Denn die in beständigem Austausch befindlichen Fluten des Weltmeeres versenkten die kalten und schweren Gewässer bis in die Abgründe der Tiefsee oder glichen durch Meeresströmungen den klimatischen Gegensatz immer wieder aus¹.

Bei einer solchen Lage der Polargebiete *konnten sich also nirgends größere Flächen von dauerndem Schnee und Eis bilden*, selbst wenn eine erhöhte Sonnenstrahlung größere Mengen von flüssigem Wasser verdampfte und größere Regengmengen auf den damaligen Festländern fielen.

Es ergibt sich daraus auch, daß Nordamerika ebenso wie Nordafrika und Europa mit einem großen Teil von Sibirien zur *gemäßigten Zone* gehörten und daß auf den weiten Landgebieten beiderseits von der tiefen Senke des Atlantik dieselben Pflanzen und dieselben Tiergenossenschaften lebten.

Die damals in Deutschland gebildeten Böden, die uns nur in vereinzelt Resten erhalten und vielfach schon während der Diluvialzeit umgelagert oder verändert wurden, zeigen, daß sie *in einem winterlosen Klima* mit großen Sümpfen

¹ Der antediluviale Südpol muß in der Gegend von Australien gelegen haben; aber wie die Janjukian-Formation beweist, bedeckte das Meer dieses Gebiet, dessen fossilreiche Schichten eine Mächtigkeit von 600 m erreichen.

Auch das Fehlen aller prädiluvialen Landtiere in Australien beweist, daß dieser seltsame Erdteil damals unter dem Meeresspiegel lag und daß seine heutige Fauna aus einem inzwischen versunkenen *antarktischen Festland* einwanderte.

Ich kann hier nicht ausführen, warum ich die breite, gewundene Senke des Atlantischen Ozeans für die *Bewegungsspur des Polarkreises* während seiner erdgeschichtlichen Wanderung von Süden nach Norden halte. Infolge der Erdrotation bildete sich hierbei schrittweise, der Abplattung der Erdkugel entsprechend, ein Senkungsgebiet, das Tausende von Metern in die Tiefe glitt. An seinem Boden aber brachen die gewaltigen Vulkane auf, die im Süden von der Meeresbrandung bis auf einzelne Klippen zerstört, im jüngeren Nordatlantik aber als breite Archipele aus der Tiefsee aufsteigen. Wie abgebrannte Fackeln zeigen uns die kleinen Vulkaninseln St. Helena, Ascension, St. Paul und die großen Vulkangruppen der Kapverden, Azoren und Island den alten Wanderweg des Polargebietes über den Erdball.

und wasserreichen Flüssen gebildet worden sind. Im Osten ist der sogenannte Posener Flammenton verbreitet, in dessen blutroten und grauen Tonlagen Reste des Nashorns gefunden wurden. In Süddeutschland findet sich die antediluviale Tierwelt in den mit eisenreichem (Bohnerz) Ton erfüllten Spalten der Kalkgebirge. Im Mainzer Becken hat uns ein Braunkohlengager die damalige Flora eines warmen Klimas überliefert, während an einem Flußufer bei Mosbach Elefanten- und Hippopotamusreste vorkommen. In alten Flußkiesen, hoch über der Ilm bei Tiefurt, wurde eine reiche Fauna tropischer Großtiere entdeckt, die wir im Museum zu Weimar bewundern können, und bis nach England kennt man die antediluvialen Ablagerungen, in denen die Reste des Flußpferdes ein so völlig anderes Klima beweisen.

Daß bei Mosbach vom Menschen bearbeitete Knochen, in Mauer bei Neckargemünd der plumpe Unterkiefer eines Vornmenschen und im präglazialen Flußkies der Unstrut bei Wangen sogar bearbeitete Feuersteingeräte entdeckt wurden, zeigt, daß zwischen dieser fremdartigen Tierwelt in Europa schon Menschen lebten.

Aber viel wichtiger als alle diese merkwürdigen Tatsachen ist für unsere weiteren Betrachtungen diejenige, daß unter dem Einfluß dieses milden, regenreichen Klimas alle Gesteine der Bergländer im Schutze einer dichten Pflanzendecke *tiefgründig verwitterten*.

Wenn wir die über Norddeutschland in einer Mächtigkeit bis zu 200 m ausgebreiteten Schuttmassen der von Skandinavien kommenden Eisdecken wieder in ihre Heimat zurücktragen könnten, so läge dort eine antediluviale Verwitterungsdecke von weit über 50 m Mächtigkeit ausgebreitet, und wenn wir in ähnlicher Weise den Diluvialschutt der bayrisch-schweizerischen Alpenkette wieder in die Alpentäler hineinbauen wollten, dann sähen wir auch hier alle Hochgebirgskare und Talböden mit hohen Schuttmassen erfüllt, die später durch die diluvialen Gletscher abgehoben und in langen Terrassenbändern und breiten Moränenfächern im Alpenvorland ausgebreitet wurden.

Auch am Südrand der Alpen, wo das Klima wesentlich

wärmer als in Deutschland war, drangen Jahrtausende hindurch Eisströme aus der Gebirgswand hervor, und wenn der Etschgletscher am Südufer des Gardasees einen Moränenwall von 100 m Höhe aufgeschüttet hat, so erhebt sich am Ausgang der Dora Baltea eine Mauer von Moränenschutt 600 m hoch über die Ebene.

Wir müssen uns die Massen dieser diluvialen Blocklehme und Schotterdecken noch um den großen Betrag vermehrt denken, der durch die Flüsse und Stürme weit außerhalb der vereisten Gebiete verbreitet wurde, um uns ein Bild von den durch langandauernde Verwitterung entstandenen *mächtigen Schuttdecken* zu machen, die in Skandinavien, in den deutschen Mittelgebirgen und in den Alpen nur auf den Augenblick warteten, wo durch Sonnenkräfte so starke Transportkräfte auf der Erde ausgelöst wurden, daß sich das antediluviale Landschaftsbild in ganz Europa wie in der übrigen Welt so tiefgreifend umgestaltete.

5. Die große Regen- und Schneezeit.

Seitdem man gelernt hat, in den *erratischen Blöcken* und den mit ihnen verknüpften *Blocklehmen* den Niederschlag riesiger Eisdecken zu sehen, die in der Diluvialzeit den größten Teil von Europa und Nordamerika, sowie kleinere Flächen in den Gebirgen aller Zonen bedeckten, ergab sich als ein fesselndes Problem: weshalb *unter diesen eiszeitlichen Ablagerungen* fast überall ältere Schichten liegen, in denen man die Flora eines warmen Klimas und die Tierwelt tropischer Länder findet.

Man hat gedacht, daß dieser Wechsel des irdischen Klimas mit einer allgemeinen Abkühlung der Erde zusammenhänge, aber nachdem in viel älteren Formationen ebenfalls weit ausgedehnte Eisdecken — also *unter den Resten* jenes warmen Klimas — aus einer permischen und sogar einer algonkischen Vereisung bekanntgeworden sind, konnte diese Annahme nicht mehr gelten.

Andere Forscher haben vermutet, daß unsere Erde vorübergehend durch einen *warmen Himmelsraum* gewandert

sei, so daß während dieser Zeit auch die Pole ein tropisches Klima hatten und selbst auf Grönland und Spitzbergen der Brotfruchtbaum und große Palmen gedeihen konnten, aber diese Annahme ist unvereinbar mit der Erkenntnis, daß die Polargebiete sich von den südlicheren Breiten nicht nur durch die große Kälte und den vielen Schnee, sondern auch durch die *halbjährige Winternacht* unterscheiden, in der eine *immergrüne Vegetation nicht leben kann*.

Neuerdings hat man sogar versucht, die aus dem Weltmeer aufragenden Festländer wie die Steine eines Damenspieles zu verschieben und auf diesem Wege zu erläutern, warum Landstücke, die einst mit den Kohlenlagern tropischer Sümpfe bedeckt wurden, jetzt als „Inseln einer warmen Vorzeit“ von Polarkälte und Winternacht umgeben sind. Aber auch diese vielbesprochenen Kontinentalverschiebungen haben keine allgemeine Zustimmung erfahren. Die Tatsache, daß an den Rändern der zurückschmelzenden Eisdecken eine polare Kümmerflora auftritt, hat andere Forscher zu der Auffassung gedrängt, daß eine allgemeine „*Abkühlung der Sonne*“, also eine Minderung ihrer Strahlungsenergie, als die wesentliche Ursache der „Eiszeiten“ betrachtet werden müsse. Dieser heute weitverbreiteten Ansicht steht aber entgegen, daß in derselben Zeit, wo die nordischen Eisdecken bis nach Mitteldeutschland vordrangen, in Nordafrika ein sehr regenreiches, *warmes Klima* die rote Verwitterungsdecke bildete, die sich über das Mittelmeer herüber bis zum Südfuß der Alpen verfolgen läßt, daß sogar das *interglaziale Klima in Deutschland wärmer und regenreicher* als heute war, und daß noch *am Schluß der Diluvialzeit eine warme Klimaperiode* deutlich erkennbar ist.

Wer angesichts dieser Schwierigkeiten seinen Blick nicht nur starr auf den Rand der nordischen Eisdecken und die dort lebende Kümmerflora richtet, sondern sein Auge über den ganzen Erdball schweifen läßt, um die Zeichen geologischer und biologischer Umgestaltungen während der Diluvialzeit zu verfolgen, der kann unmöglich die Ursache aller dieser *gesteigerten Kraftäußerungen* auf der ganzen Erde in einer *Verminderung* der Sonnenenergie erblicken.

Vielmehr erkennen wir in jenen überall vermehrten irdischen Energien die notwendige Folge *größerer Kraftmengen*, die lange Jahrtausende hindurch von dem fernen Sonnenball auf unsere Erde herabgesandt wurden. Sie steigerten die Stärke der Sturmwirbel und Passatströmungen in der Atmosphäre, sie vermehrten die Verdunstung auf dem Weltmeer und damit den Wassergehalt der Lüfte, sie erzeugten die gewaltigen Regengüsse und die Gewitterstürme der pluvialen Zone; sie füllten die Talsenken mit größeren Flüssen und die Gebirgstäler mit höheren Schneedecken, sie erzeugten längere Gletscher und breitere Eisfelder, sie trugen gewaltigere Massen erratischen Schuttes über weite Landflächen, wasserreichere Flüsse schoben größere Deltafächer in das Meer, stärkere Meeresstürme erzeugten höhere Wellen und breitere Abrasionsterrassen, lebhaftere Meeresströmungen vollzogen den Austausch warmer und kalter Meeresbecken, und selbst bis in die Abgründe der Tiefsee reichte der Einfluß von nahrungs- und sauerstoffreicheren Sinkströmen.

Viel zu wenig sind in diesen Zusammenhängen die *biologischen Wirkungen der erhöhten Sonnenbestrahlung* beachtet worden. Denn nicht das schmale Band kümmerlicher Zwergbirken, das den Rand der schmelzenden Eisdecken begleitete, ist bezeichnend für das diluviale Klima in Mitteleuropa, sondern die Flora und Fauna artenreicher Fundorte, wo eine Lebewelt, die *nur unter einem wärmeren, feuchten Klima* gedeihen konnte, periglazial oder interglazial auf deutschem Boden wuchs.

Wir greifen ein Florenbild heraus, das uns das Braunkohlenflöz von Schwanheim im Maintal *aus der Günz-Mindel-Zwischeneiszeit* überliefert: In der sumpfigen Niederung am Fuße des Taunus waren Erle und Flügelnuß, Rotahorn, Eisenholz, Weide und Pappel zu einem Mischwald vereint, wie er sich jetzt am *Südufer des Kaspischen Meeres* findet. Auf dem trockneren Hügelgelände wuchs ein Hochwald von Hainbuchen, Eichen, Linden, Ulmen, Ahornen, Birken und Hemlockstannen; unter ihrem Blätterdach gediehen Pfingstrosen, Zaubernuß, Fächerahorn, Judenkirsche und Hasel, und die immergrüne Eukommia ulmoides berechtigt zur Annahme eines durchaus *warmen, ozeanischen Klimas*.

Wir können hier nicht ausführen, wie lebhaft die Korallenriffe der Tropenmeere in der Diluvialzeit gediehen, wie mächtige Lager von Diatomeen-Erde nahe der eisüberdeckten Zone entstanden, wie die Tiere des afrikanischen Urwaldes und der heißen Steppen Vorderasiens bis in das Herz von Deutschland wanderten und sich hier mit den Vorfahren nordischer Tierherden trafen.

Zwischen den nordischen und alpinen Eismauern bestand damals in Mitteleuropa ein *Tierparadies*, dessen Formenreichtum nur mit den afrikanischen Jagdgründen verglichen werden kann.

Daß sich in derselben Zeit *das Menschengeschlecht mit Hilfe des selbstgeformten Steinbeils und des selbsterzeugten Feuerbrandes aus den Fesseln der umgebenden biologischen Synusie frei machte* und über die Grenzen tierischer Lebensgewohnheiten bis zu den Leistungen höchster Kultur *emporstieg*, ist wohl die größte und weitreichendste Folge jener Zeit *gesteigerter Sonnenenergie*.

Große Schneemassen können sich *nur auf trockenem Lande* aufhäufen, und nur auf einem Festland oder einem inselreichen, flachen Archipel können sich solche in gleitende Eisdecken verwandeln. So wird also die *Lage der Pole zum Meere* von grundlegender Bedeutung für *die Entstehung einer ausgedehnten Vereisung*.

Die Schichtenfolge von Grönland, Spitzbergen und anderer, innerhalb des heutigen Polarkreises liegenden Länder läßt die merkwürdige Tatsache erkennen, daß innerhalb ihres Aufbaus weder Eisböden noch Moränendecken oder andere Spuren früherer Vereisungen auftraten. Riesige Gipslager im Karbon, Braunkohlen mit tropischen Pflanzen im Tertiär beweisen dagegen unzweideutig, daß das heutige Polargebiet zwar im Laufe der Erdgeschichte wiederholt festländisch war, aber in diesen Perioden unter dem Einfluß eines *warmen Sonnenklimas* stand.

Erst bei Beginn der Diluvialzeit treten die ältesten Spuren von dauernden Schneebergen und Eisdecken auf, *erst damals rückte also der Nordpol in seine heutige Lage*.

Wenn wir uns nun die Verbreitung der Eisdecken in

Nordeuropa und Nordamerika auf einer Globuskarte (Abb. 5) eintragen, ergibt sich auf den ersten Blick, daß der diluviale Nordpol nur im Innern von Grönland gelegen haben kann. Den 1800 km langen Weg zwischen beiden Stellen muß der Pol also innerhalb und nach der Diluvialzeit zurückgelegt haben.

Wir können die damit verbundenen Klimaverschiebungen in anderen Teilen der Erde hier nicht weiter verfolgen und

wenden uns jetzt zu den bodenbildenden Vorgängen jener Zeit.

Ungeheure Schneefälle bedeckten Jahrtausende hindurch Skandinavien mit immer mächtiger anwachsenden Schneefeldern. Unter dem Druck dieser Schneelast bildete sich in der Tiefe eine ununterbrochene *Decke von Binneneis*, das langsam nach allen Seiten auseinanderglitt. Die mächtige Verwitterungsdecke von kristallinen Schiefen, Granit- und Gabbromas-



Polarkreis Wendekreis Eisdecken
während der Diluvialzeit

Abb. 5. Die diluvialen Eisdecken im erweiterten Umkreis des in Südgrönland liegenden Pols.

siven, uralten Sandsteinen und Buntwacken, versteinungsreichen kambrischen Schiefertonen und Silurkalken wurde von den gleitenden Eismassen abgepreßt und erfüllte als Grundmoräne das eisige Bindemittel.

Die Eisdecken glitten als ein zäher Steinbrei weiter über das damals landfeste Ostseegebiet, nahmen hier große Massen feuersteinreicher Kreide und fossilreiche Tertiärgesteine in sich auf und mischten alle diese Gesteinsarten in ihrem regellos quirlenden Eis durcheinander.

Indem das Eis unter dem Einfluß des warmen „interglazialen“ Klimas schmolz, verdünnte sich seine Decke immer mehr, bis die mißfarbige, graue oder rötliche Eismauer sich in trübe *Schmelzwasserbäche* verwandelte.

Sie wuschen große *Sanddeltas* aus, füllten Stauseen mit dünngeschichteten *Bändertonen* und vereinigten sich endlich in dem großen Urstromsystem, das, aus Schlesien kommend, durch Sachsen und Niederdeutschland in die Nordsee strömte. Der Spreewald mit seinen vielen Wasserarmen und sumpfigen Niederungen mag uns ein Bild jener regellosen Wasseradern geben, die sich zwischen dem Eisrand und dem deutschen Mittelgebirge dahinschlängelten.

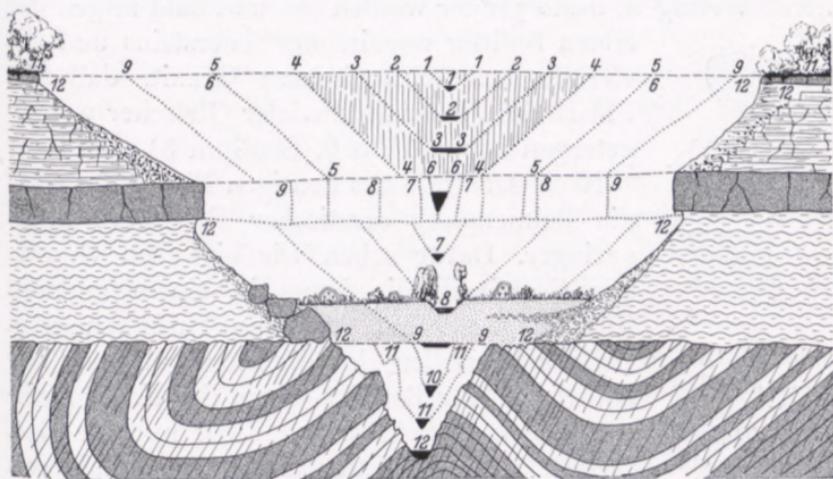


Abb. 6. Einschneiden eines Wasserlaufes in horizontale Schichten von verschiedener Härte. Beginn der Talbildung bei 1. Die härtere Bank bei 4 verbreitert die Talsohle und die Talwände. Zwischen 6 und 8 vertieft sich die Talrinne weiter. Die Talauwe 8 ist mit erratischen Blöcken überstreut, die das Eintreten der Vereisung anzeigen. Die Talrinne 9—12 ist postdiluvialen Alters; ein Bergsturz links und ein Schuttkegel rechts haben ihre Wände überrollt.

Die mitteldeutschen Hügel- und Bergländer waren *nicht* vereist; nur kleine Gletscher ohne bodenbildende Bedeutung entstanden im Riesengebirge, Thüringer Wald, Harz und Schwarzwald und zeigen uns die Stellen „ewigen Schnees“, der zwischen den schneefreien Bergen liegen blieb.

Während auf dem nordischen Hochland viele Jahrtausende lang riesige Schneefälle die gletscherbildenden Schneedecken erzeugten, fielen auf dem eisfrei bleibenden deutschen Mittel- land *heftige Regengüsse*, die ihre Wasser mit den Schmelz-

flüssen des Eises vereinten und überall die Flußrinnen vertieften und erweiterten.

Ansteilen Talrinnen sehen wir übereinander die Spuren früherer Flußbetten in den Kies- und Sandterrassen. Auf dem Tafelland, 100 m über der heutigen Talsohle, erkennt man die ältesten Flußläufe an dem Fehlen nordischen Materials, oft mit den prachtvoll erhaltenen Skeletten einer antediluvialen Tierwelt.

Aber je weiter wir die Flußterrassen an den Talhängen herab verfolgen, desto jünger werden sie, und bald zeigen die ersten Splitter nordischen Feuersteins und die Gerölle aus schwedischem Granit, daß die Flüsse das Material diluvialer Gletscher weitergetragen haben (Abb. 6, Stadium 8).

Nach der Tiefe des heutigen Flußbettes wird die Beimengung erraticer Felsstücke meist geringer. Dafür sehen wir bisweilen Gerölle aus Gesteinen, die heute in einem anderen Flußgebiet anstehen. Mit deren Hilfe kann man vielfach feststellen, daß die Flüsse während der Diluvialzeit ihr Bett 30—50 m tief eingeschnitten haben; manche haben nicht nur ihr Bett vertieft, sondern glitten über das Gelände von einem Flußsystem zum anderen, stauten sich an Felsenriegeln, die sie dann durchsägten (Rheinschlucht), und haben in manchen Fällen (Oder- und Weichselunterlauf) ihre Stromrichtung sogar vollkommen umgekehrt.

Während so das Wasser auf dem eisfreien Zwischenland große Verheerungen anrichtete und seine Steinfracht, seine Sandbänke und seinen Schlamm in weiten Senken aufhäufte, tobte, von den eisigen Flächen kommend, der *Sturm* über Berg und Tal. Wir können uns in dem heutigen Klima Deutschlands keine Vorstellung machen von der Stärke und Kraft der damals herrschenden Stürme. Sie trugen Schneewolken und Hagelschauer ebenso über weite Flächen wie den lockeren, scharfeckigen Sand, der am Schmelzrand des Eises unter dem Einfluß kalter Nächte und starker Sonnenbestrahlung überall entstand.



Abb. 7. Dreieckiges und Einkantiges Bett mit Schleifflächen, die durch einseitig wirkenden Sandwind erzeugt wurden.

Sandgeschliffene Steinbrocken bedecken oft vor den Eisrändern eine breite Zone mit Kanten versehener oder glatt-polierter *Windkanter* (Abb. 7). Darüber erhebt sich oft eine Wand von gelbem, luftgeborenem Löß.

Aufsteigende Luftströmungen hoben das feinkörnige Sandmaterial über den Boden, fegten über eine lange Sturmbahn und bildeten im Ufergelände der Wasserläufe *Dünen*. Aber die in die Höhen der Atmosphäre aufsteigenden Luftströmungen waren so kräftig, daß sie das feinste Gesteinpulver bis an die Untergrenze der Stratosphäre emportrugten.

In solchen Höhen zog der feinste Staub wie ein breiter Saturnring um die ganze nördliche Halbkugel. Langsam mischten sich darin die *Kieselstäubchen* der verwitterten Gneismassive mit den *Kalkstäubchen* zerstörter Kalkgebirge und dem *Verwitterungspulver* der Schiefergesteine. Dieser Höhenstaub aber wurde dauernd durch sinkende Luftströmungen, Regentropfen und Schneeflocken wieder zur Erde herunterbefördert. So kam es, daß *während der ganzen Diluvialzeit ungeheure Massen von Stratosphärenstaub* herabpulverten, herabregneten und herabschneiten (Abb. 8).

Seitdem F. von Richthofen auf seiner Asienreise erkannte, daß der im Rheintal so weit verbreitete Löß in genau derselben Ausbildung, aber mit größerer Mächtigkeit die weiten Ebenen und Bergländer Chinas überdeckt, und K. Keilhack seine Verbreitung durch Nordamerika verfolgte, ist die Frage nach der Entstehung dieser eigenartigen Bodenart von zahlreichen Forschern untersucht worden, und man hat sich jahrzehntelang darüber gestritten, ob er *neptunisch*, d. h. durch Regenwasser oder *aeolisch*, d. h. durch trockenen Staubfall aufgeschichtet worden sei.

Heute wissen wir, daß beide Hypothesen einseitig waren und daß das auf der so großen Klimazone wechselnde Klima denselben Höhenstaub durch verschiedene Kräfte zur Erde herab-befördert hat. Als *gelber Schnee* fiel er im Randgebiet der Eisdecken, als *trüber Regen* in dem eisfreien Zwischengebiet, und als *nächtlicher Staub* sank er in trockenen Zeiten hernieder.

Die Urbewohner Mitteleuropas, die ohne Ruhe und ohne Ziel über das eisfreie Land wanderten, trafen, wenn sie von

dem norddeutschen Urstrom bis zu den Ufern der Donau gekommen waren (Abb. 9), hier wiederum auf gewaltige Eismauern. Lange Gletscher kamen aus dem Innern der Alpentäler und breiteten sich an deren Ausgang als breite Eiskuchen aus, die oft so innig miteinander verschmolzen, daß man nur an dem erratischen Material ihrer Moränen entscheiden kann, aus welchem Hochtal sie herabgeglitten waren. Im Westen waren diese Alpengletscher am mächtigsten und

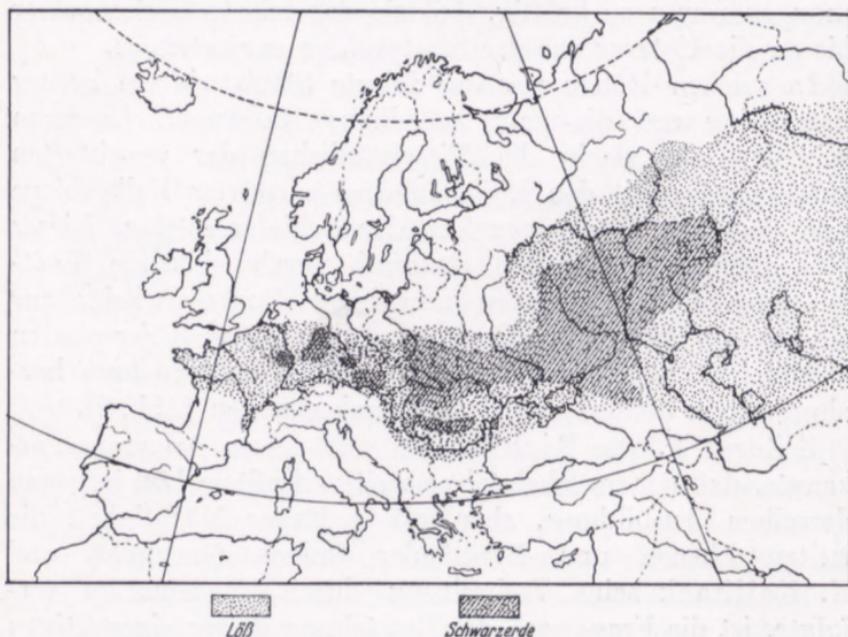


Abb. 8. Die Lößzone in Europa und die darauf entstandenen Schwarzerde-Gebiete (nach Glinka, Grahnann und Hohenstein).

hinterließen auch zahlreiche übereinanderliegende Moränen. Aber weiter östlich, durch Bayern bis nach Österreich, wurden die Gletscher immer kleiner. Schon der Innegletscher erreicht bei weitem nicht die Ausdehnung des Rhône- oder Rheingletschers, und im Wiener Becken fehlen die Wälle der Gletscher vollständig am Ausgang der Alpentäler.

Der innere Aufbau der westalpinen Moränen läßt mehrere *glaziale* Gletschervorstöße von ebenso vielen *interglazialen* Rückgängen des Eises trennen, so daß Penck und Brückner in der Vergletscherung der westlichen Alpen *vier Eis-*

zeiten (1. Günz-, 2. Mindel-, 3. Ries-, 4. Würm-Zeit) unterscheiden konnten.

Auch die nordischen Grundmoränen zeigen ähnliche Vorstöße und Rückzugserscheinungen der gewaltigen Eisdecken. Aber keine Brücke fortlaufender Beobachtungen gibt uns die Möglichkeit, die Eisvorstöße in den Alpen mit denen im Norden sicher zu parallelisieren. Diese Schwierigkeiten sind um so größer, als man in zahlreichen Tiefbohrungen festgestellt hat, daß in Norddeutschland bald nur eine oder 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Grundmoränendecken übereinanderliegen, deren exakte Einordnung in das alpine Schema bisher nicht möglich war.

6. Die diluvialen Urböden.

Schrittweise schmolz das nordische und das alpine Eis zurück, und die Stillstandslagen des Abschmelzens lassen sich noch heute an flachen Hügelwellen erkennen, die durch Norddeutschland bis nach Schweden ebenso wie jenseits des Atlantik von Ohio bis nach Kanada und Labrador neben- und hintereinanderliegen.

In Europa ist es gelungen, diese Vorgänge ungefähr nach Jahrtausenden zu bestimmen und zu berechnen, daß das Eis vor 25 000 Jahren bis zur Saale und Elster reichte. Vor 20 000 Jahren bedeckte es noch Pommern und Westpreußen, vor 10 000 Jahren war es bis auf das innere Ostseebecken zurückgeschmolzen, vor 6000 Jahren legte es Bornholm und Gotland frei, vor 4000 Jahren wurde Schonen eisfrei, und um das Jahr 1000 v. Chr. reichte es nur noch bis zu den Aalandsinseln¹.

Das Schmelzen der Alpengletscher, die aus einem viel kleineren Schneegebiet kamen, erfolgte in derselben Zeitspanne, bis die Voralpen freigelegt waren. Dann zogen sich die Eisbänder langsam bis zu ihrer jetzigen Lage in das Innere des Hochgebirges zurück.

Wir sehen also, wie sich der *mitteldeutsche eisfreie Raum*

¹ Die Zeitangaben der verschiedenen Forscher weichen vielfach um mehrere Jahrtausende voneinander ab. Ich lege meinen Betrachtungen die neueste Zusammenstellung dieser Daten von K. Richter (Z. für Geschiebeforschung, Greifswald 1933) zu grunde.

in einem Zeitraum von 25 000 Jahren beständig verbreiterte und die Lockermassen freilegte, die vor und unter dem Eise gebildet worden waren.

Man kann sich heute, wo dieses ganze Gebiet reich bewachsen und besiedelt ist, wo seine Geländeformen ausgeglichen, die freigelegten Lockerböden bewachsen, die Fluß-



Abb. 9. Die Verbreitung der diluvialen und postdiluvialen Urböden in Deutschland. Die Lößgebiete nach Grahmann.

läufe reguliert sind, nicht leicht ein Bild jener Landschaft machen, die zunächst einer geschlossenen Pflanzendecke ermangelte (Abb. 9) und daher landschaftliche Zustände bot, wie sie heute *nur in den Wüsten* beobachtet werden können. Die verwitterte Abdecke des skandinavischen Hochlandes war über die baltische Senke, bis weit über die Elbe nach Holland und über den Nordseeboden bis nach England getragen worden. Der während der Eisbewegung durcheinandergemischte

Schutt härterer, eckiger oder in älteren Flußbetten gerundeter *Steine* war eingebettet in eine rote, braune oder graue, *sandig-tonige* Grundmasse, die durch zerpreßte Kreideschollen *kalkreich* und mit zertrümmerten *Feuersteinsplintern* gespickt worden war. Darin finden wir den roten Granit (Rapakivi) der Aalandsinseln, die grauen gebänderten Gneise der schwedischen Hochgebirge, die dunklen Porphyre von Oslo, die Basalte von Schonen und die versteinungsreichen Kalke und Sandsteine des schwedischen Kambrium und Silur.

So fossilreich sind manchmal die eingestreuten erratischen Brocken, daß man bei Sadewitz in Schlesien eine der reichsten *schwedischen* Silurfaunen sammeln und bestimmen konnte. Die Heimat dieser Blöcke läßt sich so genau bestimmen, daß sich auch daraus die Richtung der Eisströme erschließen läßt, die über tausend Kilometer weit bis nach Deutschland gleiten.

Die Oberfläche dieser großen Decke von glazialem, eisgetragenen Blocklehm wurde durch die Schutführung des Eises und den Vorgang seines Abschmelzens bestimmt. Nach dem allgemeinen Rückzug der Gletscher blieben niedrige Stirnmoränen zurück, dahinter sehen wir ein regelloses Gewirr runder Hügel oder langgestreckter Höhenzüge, zwischen denen wassererfüllte, oft kreisrunde (Sölle) Senken erscheinen. Seltsame Gruppen gerundeter „Saurücken“ (Drumlin) und gewundene Dämme (Osar) unterbrechen das Bild dieser „buckligen Welt“.

Vor den ältesten Eisrändern dehnt sich die Zone des Schmelzwassers, in der die Grundmoräne entkalkt und in ihre Hauptbestandteile zerlegt wurde: die *Blockwälle* der Gletscherstirn, die breiten *Sandfächer* des Vorlandes und die mit horizontal gebänderten Tonschichten (Warfen) erfüllten *Staubecken*, die es oft ermöglichen, die Zufüllung solcher Senken nach Jahren zu berechnen.

Die großen Wassermassen, die aus diesem Gelände zusammenströmten, sammelten sich in einem regellosen Abflußnetz, dem auch die Regenwasser des mitteldeutschen Gebirgslandes zuflossen.

Dieses Gebiet war nicht vereist gewesen und trug dauernd

die bald sich schließende, bald sich lockernde Pflanzendecke der interglazialen Flora. Höhenlage und Standort, feuchter und trockener Boden gliederten diese Pflanzenwelt, die sich schrittweise mit der Abnahme der allgemeinen Sonnentemperatur veränderte.

Aber während von Norden her das Eis und das Wasser als Bodenbildner wirksam waren, dehnte sich hier das *Reich des Windes* (Abb. 8), das nicht nur in Deutschland herrschte,

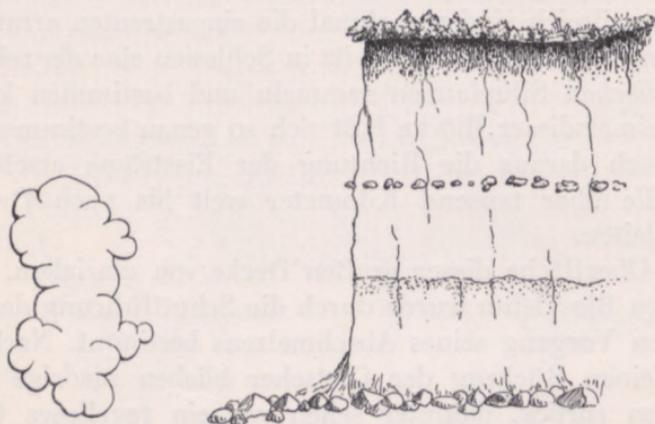


Abb. 10. Lößwand von Spalten durchzogen und oberflächlich durch Humuslösungen in Schwarzerde verwandelt. Die Ablagerung des älteren Löß erfolgte über einer Steinsohle mit windgeschliffenen Dreikantern; darüber sieht man eine Verlehmungszone, die die Lößbildung unterbrach; dann eine Zone von Lößkindeln, deren Kalkgehalt aus der Oberzone ausgelaugt wurde. Links ein solches Lößkindel.

sondern auf einem breiten Gürtel, der sich um die ganze nördliche Halbkugel schlang. Denn auf seiner Fläche fielen immer neue, ungeheure Massen von gelblichem Stratosphärenstaub herab.

Die Staubschicht fiel auf die nördlichen Schneefelder und Eisdecken, die sie Schritt für Schritt bis zum Schmelzrand trugen, wo sie von den Flüssen und Staubecken übernommen wurden; und dieselben Staubmengen fielen auf das eisfreie Land, bedeckten Täler und Niederungen, Hügel und Berge, überzogen die Blätter der Pflanzen, von denen sie der Regen wieder abwusch, und glitten auf allen möglichen Wegen von

den Wasserscheiden der Höhen talabwärts, so daß sie schließlich, in mächtigen Lößlagern übereinandergelagert, alle Buchten und Winkel der Täler erfüllten.

Diese Massen von feinpulverigem, gelbem Staub konnten sich nicht wie die Bändertone schichten, weil das völlig gleichkörnige Material und die Art seiner Bildung keine Schichtung ermöglichte (Abb. 10). Der Löß ist meist fossiler, nur kleine Landschnecken sind in Nestern zusammengeschwemmt. Wurzelröhrchen durchziehen die Masse, und nur selten umschließt sie die Knochen und Zähne einer steppenbewohnenden Tierwelt. Denn *der Löß war meist waldfreundlich* und bot daher für wandernde Tiere und Menschensippen offene Zugstraßen.

Aus der immer wieder talabwärts gleitenden Staubdecke ragten die Rippen und Klippen der den Untergrund bildenden Gesteine hervor und waren unter dem Einfluß des regenreichen Klimas chemisch verwittert. So bildete sich überall eine lockere Bodendecke, von verschiedenartigen Pflanzengesellschaften bewachsen, in der die Bruchstücke bodenständiger Gesteine so verbreitet sind, daß die Böden benachbarter Standorte ein fast ebenso buntes Mosaik bieten, wie das Gefüge der darunterliegenden Erdrinde.

In den Flußtälern, die von den deutschen Mittelgebirgen oder den gebirgigen Grenzwällen Deutschlands herabströmen, und die sich oft zu großen Becken weiten, mischte sich der Verwitterungsboden der Schiefergebirge, Sandstein-, Kalk- und Lettenhügel mit dem Feinpulver der Atmosphäre und trug auch während der Vereisung reiches organisches Leben.

Über die Grenzen Deutschlands hinweg öffneten sich Flußpforten nach allen Seiten und ermöglichten den Austausch der Flora und Fauna.

Je mehr wir uns dem Stromgebiet der Donau nähern, desto mehr treten wir in den klimatischen Schatten der Alpen und in das Moränengebiet der Alpengletscher, dessen Schuttwälle vorwiegend aus den Gesteinen der Kalkwände bestehen, welche sich vor die kristallinen Gesteine der Zentralalpen lagern. Daher sind die meisten Diluvialablagerungen des nördlichen Alpenvorlandes aus *Kalkgeröllen* aufgebaut, zwischen denen der zerfallene Sand und der verwitterte Schlamm ande-

rer Gesteine zurücktritt. Aber dieselben Geländeformen und derselbe innere Aufbau wie im Norden beherrscht auch das Moränengebiet des Alpenvorlandes vom Rhein bis zum Inn.

Die Kalkgerölle sind oft durch kalkiges Grundwasser zu *Nagelfluhbänken* verkittet, die Stauseen sind meist von *Mooren* erfüllt, die Moränenwälle liegen am Nordufer male-rischer Seen, und Gruppen rundlicher Saurücken sind wie in Norddeutschland verbreitet.

Ein wichtiges Element in dem Landschafts- und Boden-bild Deutschlands fehlte aber am Schluß der Diluvialzeit, als schon ganz Deutschland eisfrei geworden war, nämlich: das Küstengebiet der deutschen Meere.

Asiatische Elefanten waren schon vor Beginn der Vereisung bis nach Nordeuropa gewandert, der afrikanische Rüssel-träger und das Nilpferd bevölkerten einen großen Teil von Deutschland und Südengland. Breite Landbrücken führten von Afrika bis nach Skandinavien und Großbritannien. Die fischreiche Doggerbank in der mittleren Nordsee war der Wohnplatz großer Elefantenherden, aber auch das ganze Ostseegebiet war trockenes Land. Ein großer baltischer Urstrom durchflutete die fruchtbare Niederung, und freies Sied-lungsland dehnte sich von der Elbe bis nach Bornholm und Gotland.

Da begann durch das allgemeine Schmelzen zahlloser Glet-scher und riesiger Eisdecken *das Meer sich wieder mit Was-ser aufzufüllen*, und überall *stieg der Meeresspiegel*. Flache Küstengebiete wurden überflutet, offene Buchten von der Salzflut überschwemmt.

Die Wogen des Atlantik öffneten den Felsenriegel, welcher Gibraltar mit Tetuan verband, und während so Afrika von Europa getrennt wurde, flutete das Salzmeer in die von gro-ßen Flüssen und Seen bewässerten Niederungen des Mittel-meergebietes.

Irland löste sich von England, dieses von Frankreich, und so wurde das Nordseegebiet von Westen wie von Norden aus vom Meere überflutet. Zusammenhängende Bodenprofile an der englischen Küste zeigen durch Bodenart und Vegetation den Wechsel der geographischen Umwelt.

Aus den fruchtbaren Ebenen des baltischen Stromgebietes ragten die weißen Kreideinseln von Möen und Rügen heraus, und wie eine gewaltige Festung stieg der Granitfelsen von Bornholm weithin sichtbar empor.

Das Eindringen des Meeres in ein fruchtbares Land zeigt uns das Bild einer „nordischen Sintflut“, die, dem Gefälle des Wassers entgegen, von der Tiefe vorwärts drang und uns im letzten Abschnitt beschäftigen soll.

Sie wurde den dort lebenden Menschengeschlechtern ebenso verhängnisvoll wie eindrucksvoll und blieb in ihrem Sagenschatz lange Jahrtausende hindurch erhalten.

7. Die Besiedelung des nordischen Lebensraums.

Das antediluviale Europa bildete eine einheitliche Bodenmasse von Mittelafrika bis nach dem hohen Norden, und auf seinem fruchtbaren Boden herrschte ein warmes regenreiches Klima.

So belebten sich seine Niederungen und seine Gebirge mit einer nach Lage und Standort vielgestaltigen Lebewelt, die im offenen Austausch mit den Floren und Faunen von Afrika und Asien ein überaus buntes Bild darbot.

Fünf grundverschiedene geologische Vorgänge bedingten eine grundsätzliche Umgestaltung der Küstenlinie, der Landflächen und ihrer Organismen:

Zunächst die *Senkung großer Landstrecken im Süden Europas*, und damit die Trennung von Afrika.

Zweitens die *Bildung ausgedehnter Eisdecken im Norden* wie im Süden von Deutschland, und damit eine Verengung der mitteleuropäischen Landfläche bis auf ein Fünftel ihrer früheren Ausdehnung.

Drittens das *Abschmelzen des Eises*, wodurch der frühere Lebensraum nahezu vollständig wieder hergestellt wurde.

Viertens die *Entstehung der Nordsee und der Ostsee*, deren Gewässer das eben besiedelte Land wieder unbewohnbar machten.

Während derselben Zeit erfolgte eine *Verlagerung des Pols* und damit aller klimabestimmenden Breitengrade um 1800 km,

so daß im Rahmen und unter dem Einfluß dieser Umgestaltungen nicht nur die Lebewelt, sondern auch die Böden Nordeuropas eine wesentliche Veränderung ihrer Zusammensetzung erfuhren.

Von den antediluvialen Zuständen ausgehend, wollen wir jetzt versuchen, die biologischen Schicksale des nordischen Lebensraumes in seinen allgemeinen Zügen darzustellen:

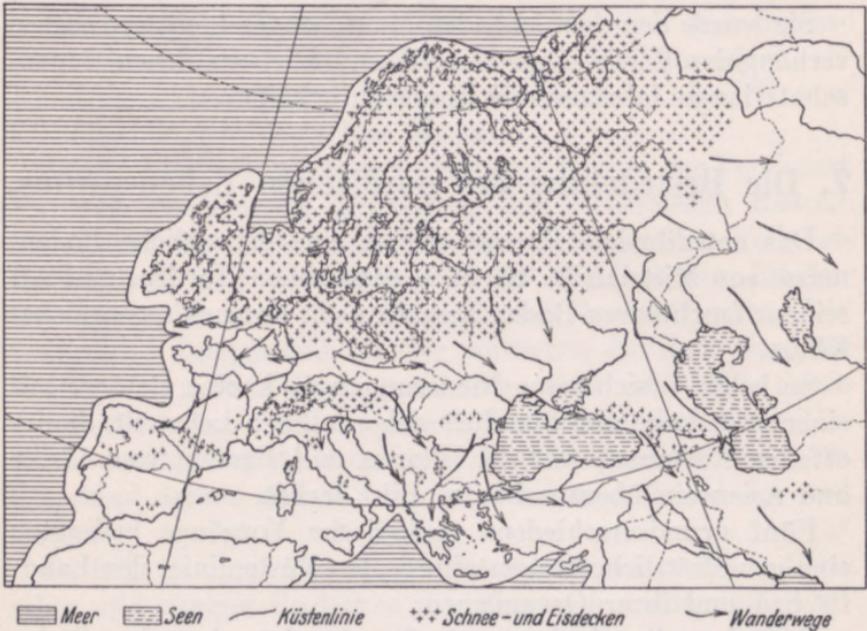


Abb. 11. Europa während der diluvialen Vereisung. Die vom Norden und von den Alpen vordringenden Eisdecken verengten den mitteleuropäischen Lebensraum und zwangen die dort heimische Lebenswelt zu weiten Wanderungen (Pfeile) zwischen verschneiten Gebirgen und weiten Wasserflächen nach den warmen, fruchtbaren Ländern des Mittelmeeres und des Morgenlandes.

Die vordringenden Eismassen schoben mit ihrem kältebildenden Schmelzrand eine Zone kümmerlicher Tundrapflanzen vor sich her, und damit begann die große Vermischung nördlicher und südlicher Formenkreise, die man als eine „Steppen- und Tundrenfauna“ bezeichnet hat.

Ihrer Futterplätze beraubt, von Schneestürmen und frostigen Wintern bedrängt, traf sich in Deutschland ein Gemisch

von frierenden und hungernden Tieren aus den Bergen und den Niederungen, aus dichten Wäldern und offenen Grasländern (Abb. 11).

Die Rassen und Menschensippen, die auf der weiten Fläche an günstigen Wohnplätzen angesiedelt waren, wurden zu ziellosen Wanderungen gezwungen und sahen sich umgeben von einer Unzahl leicht zu erbeutender großer und kleiner Tiere, denen sie vorher auf gefährlichen Jagdzügen nachgestellt hatten.

Jetzt stand ihnen Fleisch in größter Menge zur Verfügung. In heftigen Kämpfen mit dem Wild und den Sippen verschiedener Menschenrassen erwuchs ein starkes Geschlecht, das in Höhlen Zuflucht suchte und seine Nachkommen nur mit dem Feuerbrand am geschützten Herd am Leben erhalten konnte. Der Überschuß von leichtbeweglichen Tieren wurde nach Osten und Westen abgedrängt und auf Wanderwege geleitet, auf denen sie einst nach Mitteleuropa gekommen waren.

Jetzt begannen aber die lebensbedrohenden Eisdecken zurückzuschmelzen, und *der Lebensraum erweiterte sich* wieder von Jahr zu Jahr. Eine Auslese abgehärteter Pflanzen, Tiere und Menschen flutete nach allen Seiten und bevölkerte wiederum das weite Land. Zwar fehlten viele Gattungen und Arten, die das fruchtbare Nordeuropa vor der Vereisung besiedelt hatten, aber die Überlebenden konnten sich um so leichter vermehren.

Wer in einem öden Wüstental die Wirkung eines jener Ruckregen erlebt und verfolgt hat, wie bald danach Millionen von Samen aufkeimen, die der Wind über die öde Kieswüste verstreut hatte, der wurde Zeuge eines überraschenden Vorgangs. Denn er sah, wie einjährige Gewächse den kahlen Boden mit ihrem grünen Teppich überziehen und der Duft von tausend Blumen Insekten und Vögel anlockt, wie die verdurstenden Tiere von allen Seiten herbeieilen, und wie nach wenig Tagen auch die ersten Beduinenfamilien mit ihren Herden erscheinen, um sich in dem blühenden Frühling neue Lebenskraft zu holen.

So besiedelte die interglaziale, vielartige Flora mit Windeseile das eisfrei werdende Land. In flüchtigem Lauf kamen

die Tiere des Feldes, in singenden Schwärmen die Vögel der Luft herbei, und zu ihnen gesellte sich der wandernde Mensch.

Er war kein Nomade wie manche seiner Zeitgenossen, und er war nur durch den Zwang der Not zum Höhlenbewohner geworden, er hatte nur durch den Wechsel seiner Umwelt die Mischnahrung und Rohkost mit vorwiegender Fleischernahrung vertauscht, und die Zeiten des Daseinskampfes auf der vom Eise bedrängten Enge, die seinem Charakter manche Eigenart aufgeprägt hatte, wurden wieder abgelöst durch den Frieden eines ihm angeborenen, bodenständigen Lebens.

So wurden von ihm unter dem Einfluß der Jahreszeiten, der Bewachsung und der Besiedlung allmählich *die Böden umgebildet*. Im Schatten des ausgedehnten Urwaldes entstanden andere Böden als unter dem Grasteppich der Steppe. Die Abfallprodukte zahlloser Bodentiere, der Stoffwechsel von Bakterien und Pilzen wirkten auf die Beschaffenheit des Bodens ein, und als der Mensch ihn mit Hacke und Hakenpflug zu bearbeiten begann und zuletzt den Dünger seiner Herden und seiner Haustiere darüberstreute, wurde ein Vorgang vollendet, der viele Jahrtausende hindurch mit wechselnder Stärke auf den Boden gewirkt hat.

Aber noch war Deutschland geographisch ein nur wenig gegliedertes Stück der größeren Landfläche von Europa, das sich unmerklich in die weiten russischen Ebenen verlor; und wir können annehmen, daß man damals noch die Bodenzonen der weiten russischen Tiefländer durch die deutschen Hügelländer, fortlaufend bis weit nach Frankreich und England verfolgen konnte.

Daß man das russische Bodenprofil nicht mehr ebenso klar auch durch Deutschland verfolgen kann und daß die meisten deutschen Böden Zeichen einer nachträglichen chemischen *Entartung* (Degradierung) erkennen lassen, liegt an dem postdiluvialen Vordringen des Atlantischen Ozeans in das Mittelmeer, die Nordsee und die Ostsee. Mit dem Meere drang das ozeanische Klima des Westens in das kontinentale Europa herein.

Die Untersuchungen schwedischer Forscher haben gezeigt, daß im südlichen und mittleren Schweden eine Folge von Klimaperioden nach dem Abschmelzen des Eises überall erkennbar ist. Zunächst folgt auf die Abkühlungsperiode des schmelzenden Eisrandes eine warme (= *boreale*) Zeit. Sie entspricht ungefähr dem, was wir aus den Resten der interglazialen Flora und der damals gebildeten Böden erschließen können. Dann aber setzt eine regenreiche, *atlantische* Zeit ein, die durch das Vordringen des Meeres bedingt war.

Das norddeutsche Tiefland stand mit Frankreich in offener Verbindung, und da dieses Land während der ganzen Diluvialzeit von einem milden Klima beherrscht war, öffnete sich jetzt zwischen Aachen und Hamburg dieser *mediterranen Lebewelt* eine breite Pforte. (Vgl. die Karte Abb. 26 S. 137.)

Dann zog sich der Felsenwall der Eifel, der Ardennen, des rheinischen Schiefergebirges über das Pfälzer Bergland und den Vogesenkamm bis zur Burgunder Pforte bei Mühlhausen, wo noch der Urrhein, statt nach Norden umzubiegen, seinen Lauf von Basel westlich nach der Rhone nahm. So öffnete sich auch hier eine, wenn auch schmälere Verbindung zu den reichbesiedelten Ländern am Mittelmeer.

Als unüberschreitbare Lebensgrenze hoben sich die Alpen zwischen der reichbesiedelten Poebene und den durch die Alpengletscher verödeten Hochflächen an der Donau, setzten sich am Gebirgsrand des Böhmer Waldes bis zum Fichtelgebirge fort, bildeten die lückenlose Scheidewand des Thüringer Waldes und weiter nach Osten das breite Waldland der Lausitz und der Sudeten bis nach Oberschlesien.

Hier öffnete sich wieder eine breite Pforte zwischen den polnischen Hügeln bis weit nach den Flächen der russischen Tiefebene und den fruchtbaren Niederungen am Schwarzen Meer und Kaspisee.

Von hier konnte jeder Ostwind Millionen von Samenkörnern aus den asiatischen Steppen nach Deutschland hereintragen, und mit ihnen zogen die Herden von Steppentieren und die Sippen von Steppenbewohnern herbei.

Jede Pflanze unterhält durch ihren Lebensprozeß *einen*

ununterbrochenen Stoffwechsel (Abb. 21), den sie auf den von ihr bewachsenen Boden überträgt.

Ihre Blätter nehmen Gase aus der Atmosphäre auf, ihre Wurzelhaare saugen die Lösungen des Bodenwassers in die wasserleitenden Gewebe, und aus diesen verschiedenen Stoffen baut sich unter dem Einfluß des Sonnenlichtes und des Standortes, geregelt durch den wunderbaren Vorgang der Selbststeuerung, der ganze Pflanzenkörper auf. Von ihm leben die pflanzenfressenden Tiere, von deren Fleisch die Raubtiere und von den Abfallstoffen und Leichen aller dieser bodenständigen Gruppen die unterirdischen Bodentiere, ebenso wie die Pilze und Bakterien.

So beginnt alles Leben im Sonnenlicht mit dem Stoffwechsel grüner Pflanzenorgane und endet in dem dunklen Grab des Lockerbodens.

Ein Hektar Buchenhochwald verdunstet täglich 20 000 Liter Bodenwasser; die meisten der darin gelösten Stoffe stammen aus der Tiefe und bleiben in der Pflanze zurück.

Wenn im Herbst die Blätter verdorren und nur die kahlen Zweige der Bäume und Büsche sichtbar bleiben, erweckt diese Winterruhe den Eindruck, als ob die Blätter das lebenswichtigste Organ der Pflanzen seien. Aber der Stoffwechsel der Pflanzen ist ohne die sich unterirdisch im Boden abspielenden Vorgänge nicht zu verstehen; denn die Wurzel ist das eigentliche, dauernd tätige Lebensorgan.

Mit derselben Energie, mit der Grashalm, Stengel und Baum, *der Schwerkraft entgegen*, zur Sonne emporstreben, dringen, *der Schwere folgend*, unscheinbare Wurzeln, bedeckt mit zarten fadendünnen Haaren, in den Lockerboden hinein; sie verschmelzen mit den Bodenteilchen, sterben nach wenigen Tagen wieder ab und werden ununterbrochen durch neue *Wurzelhaare* (Abb. 12) ersetzt.

In ihnen ist der wichtigste Teil des pflanzlichen Stoffwechsels begründet. Sie bilden die feinen Humusteilchen im Boden und bauen jene wichtige Brücke zum Stoffwechsel des Bodens.

Wenn die kahlen Urböden am Schluß der großen Vereisung zunächst von den windgetragenen Samen *einjähriger*

Steppen-, Sand-, Steinschutt- und Felsenpflanzen besiedelt wurden, so bereiteten diese im eigentlichen Sinn *den Boden vor* für die Ansiedlung perennierender Pflanzenvereine, die von Norden, Westen und Osten durch die geschilderten Pforten nach Deutschland hereindrangten.

Jetzt wurde der weite öde Lebensraum durch Bodenbeschaffenheit, Lage und Standort gegliedert; Jahreszeiten und längere Klimaschwankungen bewirkten immer neue Auslese im sozialen Verband der Arten und Gattungen, und

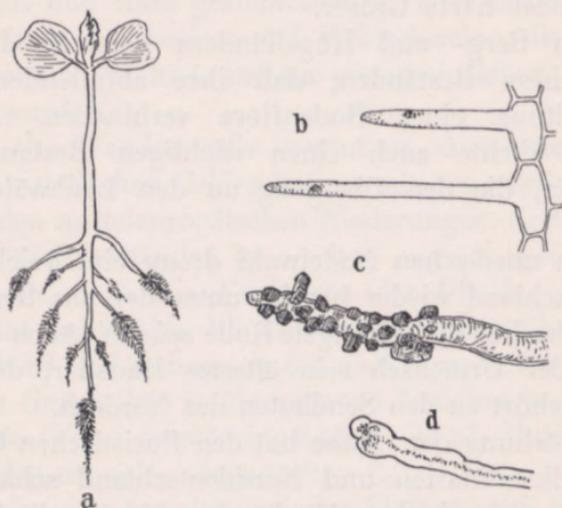


Abb. 12. a) Keimpflanze mit Wurzelhaaren, nat. Gr.; b) Sprossende Wurzelhaare, vergr.; c) Wurzelhaar mit Bodenteilchen besetzt, vergr.; d) Eindringen von Stickstoffbakterien in ein Wurzelhaar, vergr.

immer deutlicher hoben sich aus der allgemeinen Pflanzendecke *räumlich begrenzte Pflanzenverbände* heraus.

Botaniker und Geographen haben in den letzten Jahrzehnten wichtige Untersuchungen über die Pflanzenvereine angestellt, die Deutschland vor Beginn der Bodenkultur durch den Menschen überzogen, und die neuere Bodenkunde hat gezeigt, welche Veränderungen durch das Wurzelsystem und den Stoffwechsel dieser Bestände im Boden erzeugt wurden. Nur in den allgemeinsten Fragen können wir hier diese pflanzengeographischen Zustände und Veränderungen des Bodens betrachten:

Von Norden drang, nachdem der Eisboden der Tundra geschmolzen war, der *Nadelwald* vor. Seine immergrünen Blätter überdauern lange Frostperioden, ein tiefgehendes Wurzelsystem vermag die ärmsten Sandböden auszunützen und besiedelt auch saure Moorböden in lockeren Beständen. Mit der Kiefer ist die ebenso anspruchslose Birke vergesellschaftet. Der Boden wird von grauen Rentierflechten und Waldmoosen bedeckt, zwischen denen beerentragende Kräuter und bunte Pilze gedeihen. An günstigen Standorten wachsen Haselnußsträucher oder harte Gräser.

Auf den Berg- und Hügelländern herrscht die Fichte in so dichten Beständen, daß ihre abfallenden Nadeln die Entfaltung einer Bodenflora verhindern. Aber oft bildet die Fichte auch einen wichtigen Bestandteil der Mischwälder, die den Übergang zu den Laubwäldern vermitteln.

Mit dem nordischen Nadelwald drang eine reiche Fauna nach Deutschland wieder herein, unter der das Rentier, der Elch und der Bär die wichtigste Rolle spielen. Auch der Wolf, aus dem der Urmensch sein ältestes Haustier, den Hund, züchtete, gehört zu den Sendboten des Nordens.

Die Entstehung der Ostsee hat den floristischen Gegensatz zwischen Skandinavien und Norddeutschland schärfer ausgeprägt, als er nach dem Abschmelzen des nordischen Eises gewesen sein kann, und andererseits hat das temperaturlausgleichende Küstenklima seit der „atlantischen“ Zeit manches verändert.

Schon während der Glazialzeit war ein großer Teil von Deutschland mit sommergrünem *Laubwald* bewachsen, in dem zunächst die Eiche, dann aber die Rotbuche den wichtigsten Baum bildete. Die Rotbuche ist gegenüber andern Mitbewerbern überaus unduldsam und verdrängt leicht die mit ihr gemischten Eichen, Weißbuchen, Linden, Ahorn, Kiefern und Tannen. Durch ihren Schatten hindert sie die Keimlinge anderer Baumarten am Aufkommen und kann selbst alte Eichen aus dem Bestande ausschalten.

Ihre Blattstreu bildet leicht einen zähen, filzigen Rohhumus, auf dem die Bäume schlecht weitergedeihen und so

gar die Buchenkeimlinge absterben infolge Auslaugung durch den sauren Humus.

Dadurch wird der braune Waldboden von oben her in aschengraue (= Podsol-) Erde verwandelt und der Laubwald in einigen Jahrhunderten durch Heidekraut verdrängt.

Eine bunte Mannigfaltigkeit von Sträuchern bildet das Unterholz des Laubwaldes, und seine Lücken werden von einer blumenreichen Krautflora erfüllt.

Die Fauna des Laubwaldes wird heute durch Hirsch und Reh, Fuchs und Hase gekennzeichnet; aber im vorzeitlichen Urwald lebten die Urstiere und Wildschweine, die frühzeitig vom Menschen gezähmt und zu unentbehrlichen Haustieren gemacht wurden.

Eine uralte Wanderstraße kommt aus dem Osten und verbindet die asiatischen Gebirgsbecken mit den *russischen Steppen* und den mitteleuropäischen Niederungen. Seit dem Ende der Tertiärzeit bestanden hier schon enge tiergeographische Beziehungen, denn die Vorfahren der Pferde (*Hipparion*) schwärmten schon im Pliozän von Ostasien über Persien, Griechenland und Österreich bis nach Frankreich und England. Wir finden ihre wohlerhaltenen Knochen meist in einer roten Erde (*Terra rossa*) eingebettet, die als Unterlage diluvialer Böden oftmals zutage tritt.

Von Asien wandert der indische Elefant nach Europa ein, und in verschiedenen Rassen bevölkerte der Mammut vor (England), während und nach (Nordsibirien) der Diluvialzeit ganz Eurasien.

Durch die auf diesem breiten Landstreifen erfolgende Ablagerung des gelben Stratosphärenstaubes, der, von den Abhängen der Berge herabgleitend, alle Niederungen bedeckte, bildete sich eine überaus wichtige Pflanzenformation aus, die in der russischen *Steppe* ihren bekanntesten Ausdruck fand. Der tiefgründige Boden ist mit Gräsern bewachsen, die, in vereinzelt Büscheln wachsend, den Untergrund mit dem Filz ihrer Wurzeln durchwachsen, den Lockerboden befestigen und seine Oberschicht durch fein verteilte Humuskolloide schwarz färben. Sie bleiben in der Oberkrume infolge der starken Verdunstung des Steppenklimas erhalten. So ent-

steht ein überaus fruchtbarer, krümeliger Boden (Schwarzerde oder Tschernosjom), der waldfeindlich, aber daher als Wanderstraße um so wichtiger ist. Wildpferde und Saigaantilopen, Nagetiere und kleine Raubtiere beleben seine Fläche, wilde Schafe und Ziegen leben in seinen Randgebirgen, und körnertragende Gräser bilden die Vorfahren unserer Getreidearten.

Diese große offene Straße mußte daher auch für die Wanderungen der Menschenrassen immer wieder von leitender Bedeutung werden, und wenn in urgeschichtlicher Zeit zahlreiche Einwanderungen vom Osten her in den durch die Eiszeiten verödeten Lebensraum Mitteleuropas hereindrangen, so bot die uralte Lößstraße den im Ostseegebiet angesiedelten Völkern wieder einen Ausweg, als das fruchtbare Land wieder unter dem Spiegel des Meeres versank und ein „Volk ohne Raum“ nach einer neuen Heimat auswandern mußte.

So schlossen und ergänzten sich immer wieder die leblos gewordenen Lücken auf dem postdiluvialen Lebensraum Nordeuropas, und je verschiedenartiger die Pflanzengesellschaft zusammengesetzt war, desto stärker wurde der Boden in den Stoffwechsel der sich langsam verändernden Pflanzendecke mit einbezogen.

So schritt die Bewachsung des deutschen Bodens unaufhaltsam vorwärts, und wenn die postdiluviale Flora unter dem Einfluß des kontinentalen Klimas im Osten und des Küstenklimas im Westen größere Flächen bedeckte, so lag doch eine *offene Parklandschaft* dazwischen mit sonnigen Hängen und feuchtem Boden, die Tiere und Menschen zu kurzer Rast oder bleibender Siedlung anlockte.

Zu dem aus den immer wieder abfallenden Wurzelhaaren sich innerhalb des Bodens bildenden feinverteilten Humus kam, von oben aufgelagert, die Streu der vergänglichen Blätter, die, vom Winde bis zu den windstillen und feuchten Niederungen getragen, zerfielen und die Humusbestandteile des Bodens vermehrten.

Aber viel wichtiger wurden die Keimsporen der mit den Samen der Blütenpflanzen verbreiteten *Fadenpilze* und *Spaltpilze*.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, welche Menge von Kleinwesen in der Luft schwebt, von jedem Regentropfen herabgeschwemmt wird und sogar mit Schnee und Hagel den Boden impft. Nahe dem Boden ist die Luft am reichsten an solchen Keimen; an der unteren Wolkengrenze zählt man aber noch immer 2800 Keime im Liter Luft; von 500 m Höhe ab werden sie seltener, aber im Winter sind noch bis 1800 m, im Sommer bis 3000 m über dem Boden lebensfähige Keime von Mikroben nachzuweisen. Da sie von den ultravioletten Strahlen der Sonne rasch getötet werden, sind die höheren Luftschichten nahezu keimfrei.

Indem jeder Regenguß und jedes Schneegestöber immer neue Keime ausstreut, erhält der Boden zugleich mit den Abfällen der Wurzelhaare eine Mikroflora von zellulosespal tenden, CO_2 , H_2S , N und O frei machenden Lebewesen. Gase entstehen im Boden, seine Struktur wird krümelig, und die mannigfaltigsten Wechselwirkungen zwischen Boden und Bodenflora werden eingeleitet.

8. Das Klima der Gegenwart.

Es ist nicht ganz leicht zu entscheiden, wo man die Grenze zwischen Vorzeit und Gegenwart ziehen soll.

Da ein großer Teil von Deutschland während der Diluvialzeit von Eisdecken und Gletschergewässern überzogen war, könnte es naheliegen, diese Zeitwende dort zu ziehen, wo sich die Bildungen eines postglazialen, eisfreien Klimas über glaziale Grundmoränen, Bändertone, Diluvialkiese und Diluvialsande legen.

Aber die Eisdecken, die an der Saale vor etwa 25 000 Jahren abzuschmelzen begannen, lagen vor 10 000 Jahren an der heutigen Ostseeküste und begannen erst 3000 Jahre später sich aus Schweden zurückzuziehen. *Jahrtausende lang war also Norddeutschland schon eisfrei*, während die Diluvialzeit in Schweden noch herrschte, und es erscheint schwer, dieselben Vorgänge dort zur Gegenwart zu rechnen, die hier zur diluvialen Vorzeit gehören sollen.

Dieselbe Unsicherheit der Zeitbestimmung entsteht, wenn

wir die Gegenwart als die Zeit dokumentarisch nachweisbarer Ereignisse der Weltgeschichte betrachten wollten. Denn diese Zeit beginnt in Syrien um 1000 v. Chr., um 2000 v. Chr. in Assyrien, aber in Ägypten wurde der astronomische Kalender schon um das Jahr 4241 vor unserer Zeitrechnung ausgerechnet.

So können wir die geologische Gegenwart nur unscharf von der geologischen Vorzeit trennen, und ebenso verbinden zahlreiche Übergänge das gemäßigte Klima der Gegenwart mit dem kontrastreichen Klima der großen Schnee- und Eiszeit.

Auch unsere Böden, die in der Diluvialzeit als Rohböden abgelagert, in den folgenden Jahrtausenden unter einem wechselvollen Klima immer wieder umgewandelt und zuletzt durch die Arbeit des bodenständigen Siedlers reif und ertragsreich gemacht wurden, tragen in ihrem Feinbau und ihrem Aufbau noch heute die Spuren dieser aufeinanderfolgenden Zeitepochen. Dieselben Böden verändern sich weiter durch den Wechsel größerer Klimaepochen, ebenso wie durch den regelmäßig wiederkehrenden Wechsel der Jahreszeiten oder durch Aufforstung und Entwaldung, Bewässerung oder Trockenlegung.

Es ist bekannt, daß unsere Erde im Winter nicht etwa der wärmenden Sonne ferner ist als im Sommer. Denn sie bewegt sich um das mütterliche Gestirn auf einer nahezu *kreisförmigen Bahn*. Obwohl der Abstand von der Sonne 150 Millionen Kilometer beträgt und die Lichtstrahlen diesen weiten Weg in etwa 5 Minuten zurücklegen (so daß die Sonne schon seit 5 Minuten am Himmel steht, bevor wir den Sonnenaufgang erleben), so reichen doch die Wärme- und Lichtstrahlen der Sonne aus, um auf unserer Erde alle Erscheinungen zu veranlassen, die wir als „*Klima und Wetter*“ bezeichnen.

Eine aus 21% Sauerstoff, 78% Stickstoff sowie kleineren Mengen von Kohlensäure und Wasserdampf bestehende Gashülle (Atmosphäre) umgibt die Erdkugel. Sie ist bis etwa 10 km noch ziemlich dicht, und diese „*Troposphäre*“ ist das Gebiet der Stürme und der bewegten Wolkendecken. Darüber

beginnt die wesentlich dünnere und ruhigere „*Stratosphäre*“ mit ihren rätselhaften Strahlenenergien.

Die *Lufthülle* schützt die Erdoberfläche und ihre Bewohner vor dem beständig herabfallenden *Steinregen der Meteore*, die in ihrem Sauerstoff größtenteils mit leuchtendem Feuerschweif verbrennen. Sie schützt aber auch die Erde wie ein dichter Pelzmantel vor der bis -200° sinkenden Kälte des Weltenraumes. Sie gleicht endlich die Temperaturunterschiede aus, die durch das Wechselspiel der Sonnenwärme und der Weltenraumkälte Tag und Nacht, im Sommer wie im Winter, erzeugt werden.

Obwohl die erkaltete dünne Erdrinde eine über 1000° heiße, unterirdische, große Feuerkugel (= *Pyrosphäre*) umschließt, so wird die innere Eigenwärme der Erde von dem steinigen Mantel der Erdrinde (*Lithosphäre*) ebenso abgedichtet wie die Glut eines Ziegelofens durch sein Mauerwerk. Nur an einzelnen Stellen dringen die heißen Gase und Lavamassen (= *Magma*) *vulkanisch* bis zur Erdoberfläche empor, wo sie rasch erkalten.

Die innere Erdwärme hat also praktisch nicht den geringsten Einfluß auf die klimatische Temperatur ihrer Oberfläche.

Daß mit dem Aufgang der Sonne die nächtliche Kälte weicht, daß im hohen Norden nach der halbjährigen eisigen Polarnacht der Erdboden sich mit einem bunten Blütentepich schmückt, ist *nur den Wärmestrahlen der Sonne* zu verdanken, die das ferne Gestirn mit verschwenderischer Hand nach allen Seiten in den eisig kalten Weltenraum ausstreut und von denen nur der aller kleinste Teil unsere Erdoberfläche trifft.

Die *Kugelgestalt* der Erde bedingt es, daß die Sonnenstrahlen nur auf die *warme* (äquatoriale) Zone mit voller Kraft fallen, während in mittleren Breiten die schräg einfallenden Strahlen eine größere Fläche erwärmen müssen, so daß hier ein *gemäßigtes* Klima herrscht.

Die Polarzonen aber erhalten so wenig Sonnenwärme, daß das flüssige Wasser in Schnee und Eis verwandelt wird. Am Kältepol herrscht also das *Eigenklima der Erde*, und dieses

Klima würde auch die Polargebiete dauernd in Winternacht und Winterkälte bannen, wenn nicht die Drehungsachse der Erde mit 23° gegen ihre Bahn (= Ekliptik) um die Sonne geneigt wäre.

So kommt es, daß im *Sommer* die Nordpolarzone stärker erwärmt wird, während gleichzeitig am Südpol Nacht und Kälte herrschen. In den mittleren Breiten aber äußert sich die Ekliptik in dem vielfachen Wechsel der Jahreszeiten.

In unserem *Winter* rückt die kalte Polarzone mit ihren Schneefällen und Kälteperioden in die gemäßigte Klimazone herein. In unserem *Sommer* herrscht dagegen das warme, trockene Klima der Mittelmeerländer, und in den Übergangszeiten von *Frühling* und *Herbst* gleichen sich diese Gegensätze langsam aus.

Allein unser Klima wird nicht nur durch diese astronomischen Umstände, sondern gleichzeitig von der Tatsache beherrscht, daß Osteuropa einen Teil der großen kontinentalen asiatischen *Landmasse* bildet, während der Westen durch das Eindringen von Ostsee, Nordsee und des Ärmelkanals unter die Herrschaft des *Weltmeeres* gelangte, so daß seither das kontrastreiche Kontinentalklima durch ein mildes und feuchtes Küstenklima abgelöst wurde.

So kommt es, daß selbst in Mitteldeutschland, je nach dem Vorherrschen östlicher Witterungslagen und Wetterperioden, die Sommer länger und die Winter kälter sind, während die von Westen hereindringenden Wetterveränderungen unseren Winter mild und den Sommer regenreich machen.

Diese durch Klimazonen, Küstengestalt und Verlagerung der Erdachse bedingten Wetterzustände werden aber dadurch weiter verwickelt, daß bisher unerklärte *Witterungsperioden* aufeinander folgen. Man hat diese Perioden auf 30 Jahre berechnet, man hat sie im Zusammenhang mit den Sonnenflecken und mit der größeren oder geringeren Verbreitung der Eisberge im Atlantik zu erklären gesucht; aber keine dieser Erklärungen ist ohne Widerspruch geblieben.

Daß durch diese verschiedenartigen Ursachen unser deutsches Wetter eine große *Unbeständigkeit* erhält, und daß es

nicht möglich ist, das Wetter für längere Zeit mit Sicherheit vorauszusagen, ist der Anlaß zur Aufstellung von Wetterregeln und Wetterprophezeiungen, die zwar auf Erfahrung beruhen, aber doch nicht überall gesetzmäßige Gültigkeit besitzen.

Ganz vergessen ist die Zeit, wo ein vielgenannter Wetterprophet seine „kritischen Tage“ mit Erdbeben, Wetterstürzen, Grubenkatastrophen und weltpolitischen Ereignissen voraussagen zu können glaubte. Denn inzwischen verfolgte man an zahllosen Wetterwarten den Gang des Wetters in der Troposphäre und prüfte sogar, ob nicht die Strahlungen der Stratosphäre dabei eine Rolle spielen. Wenn einmal der Atlantische Ozean mit meteorologischen Stationen überbrückt worden ist, wird man auch über die Zusammenhänge des Wetters in Deutschland klarere Einblicke gewinnen. Solange solche Beobachtungen durch Jahrzehnte nicht angestellt wurden, sind selbst die besten „Prognosen“ auf Vermutungen angewiesen.

Sicher ist aber heute schon, daß unser Vaterland vorwiegend unter dem *Einfluß von Westwinden* steht, denen gegenüber dauernde Luftbewegungen aus anderen Himmelsrichtungen zurücktreten, daß die großen *Wetterwirbel* ebenfalls vom Westen her nach Europa ziehen, daß die kalten Luftmassen, die bis zum Norden von Europa reichen, eine „*kalte Polarfront*“ bilden, die schon bei geringen Störungen allerlei Ausbuchtungen gegen den südlichen wärmeren Luftgürtel bilden, *so daß gerade auf deutschem Gebiet so oft ein unerwarteter Wetterwechsel eintritt.*

Die kalten Luftmassen vermischen sich schwer mit den wärmeren Luftgebieten, halten sich hartnäckig am Boden und werden selbst durch die darüber wehenden Luftströmungen nur in geringem Maße beeinflusst. Kommen sie aber endlich in Bewegung, dann eilen sie wie eine Flutwelle vor und dringen in alle Buchten der Mittelgebirge hinein.

Ähnlich verhalten sich die kleinen *Gewitterinseln*, die plötzlich das Gleichgewicht der Atmosphäre stören.

Während die kalte Bodenluft mit ihren Nebeln im Winter oft wochenlang die Niederungen bis zu Höhen von 1000 m

bedeckt und überall dunstiges Wetter erzeugt, herrscht darüber in der Höhe klarer Himmel und Sonnenschein.

Jahrelange Beobachtungsreihen haben in zahlreichen Wetterstationen den Gang der Temperatur und die Höhe der Niederschläge für einzelne Orte bestimmt, und man hat daraus *Mittelwerte* berechnet, welche nicht nur auf unseren Wetteratlanten, sondern auch im Volksbewußtsein eine große Rolle spielen und die Vorstellung begründet haben, daß diese Mittelwerte für das örtliche Klima charakteristisch seien. So hat man z. B. in Halle im Laufe von 30 Jahren zwar eine mittlere Niederschlagshöhe zu 500 mm berechnet. Aber diese Zahl ist in keinem einzigen der Beobachtungsjahre festgestellt worden, sie wurde vielmehr nur aus den wirklich beobachteten Zahlen erschlossen, die im Jahre 1911 nur eine Regenhöhe von 265 mm und 1908 einen Niederschlag von 633 mm zeigten.

In trockenen Sommern kann also die „mittlere Regenmenge“ den Landwirt nur trösten, daß es eigentlich soundsoviel Millimeter mehr regnen müßte, und in einem langen, kalten Winter kann der Gärtner eine Beruhigung darin finden, daß es eigentlich wärmer sein müßte, aber eine kritische Wettervoraussage läßt sich auf Grund der Mittelwerte nicht erschließen.

Sicher bleibt nur, daß besonders in Deutschland die Witterung sehr „wetterwendisch“ ist und daß der Land- und Gartenbauer bei seinen Entschlüssen dieser unabänderlichen Tatsache Rechnung tragen muß.

Indem wir nun die Veränderungen des Bodens im Wechsel der Jahreszeiten betrachten, wollen wir mit der winterlichen Jahreszeit beginnen, in welcher das *Eigenklima unserer Erde* am deutlichsten erkennbar wird.

Die gesteigerte *Sonnenwärme* des Sommers hatte den Kreislauf des flüssigen Wassers beschleunigt und alle Vorgänge in der unbelebten und belebten Natur in lebendigem Gang erhalten. Die *Lichtstrahlen* der Sonne hatten an den langen Tagen neue Lebensvorgänge angeregt und das Blattgrün (Chlorophyll) erzeugt, das die Farbe des Geländes von der Bergeshöhe bis zur Flußaua beherrschte.

Nun wurden die Tage kürzer, geringere Mengen von Licht-

und Wärmestrahlen erreichten die Erde, und alle Vorgänge, die in der grünen Landschaft ihren Höhepunkt erreicht hatten, wurden verlangsamt.

Weißer Schneeflocken zeigen sich auf den Höhen, wachsen gegen das Tal herunter und überziehen alles mit ihrem lebensfeindlichen Teppich. Kleine Sickerquellen an den Felswänden verwandeln sich in Eiskrusten, der vorher bewegliche Boden wird hart, der schäumende Fluß verschwindet unter einer Eisdecke, alle Sümpfe und Seen bedecken sich mit hartem Eisspiegel.

Während in der Luft die Stürme toben und den Pulverschnee zu hohen Schneewehen zusammentreiben, herrscht darunter eisige Ruhe.

Das Wasser im Oberboden gefriert, und da es hierbei sein Volumen etwa ein Zehntel vergrößert, *hebt* sich der Boden, und seine Teilchen werden *auseinander*getrieben.

Die Wurzeln der Pflanzen sind an diesen Wechsel angepaßt. Ihr Saft kann sich nur langsam bewegen. Die warmblütigen Bodentiere ziehen sich unter das Bodeneis zurück, die Larven der kaltblütigen Insekten verharren in todesähnlichem Schlaf. Mit den Schneedecken wachsen die Gletscher des Hochgebirges, und selbst der Fuß großer Schneewehen kristallisiert zu körnigem Firneis.

So kann in einem strengen Winter lange Monate hindurch der Oberboden mit allem seinem lebendigen Inhalt schlafen, und nur an der Unterkante des Bodeneises vollziehen sich noch die Bewegungen des unterirdischen Wassers, das seine Eigenwärme in größerer Tiefe erhalten hat und in den Quellen zutage tritt.

Reines destilliertes Regenwasser und chemisch reiner Schnee fielen aus der Atmosphäre herab und sind im Boden versickert; ebenso rein wurden vulkanische Dämpfe der Unterwelt in der Erdrinde kondensiert.

Aber diese verschiedenen Wassermengen wanderten nun langsam von unten und von oben und nach allen Seiten durch die verschiedenen Gesteinschichten der Erdrinde. Sie ruhten vielleicht Jahrzehnte oder Jahrhunderte in einer kalkreichen Schicht oder einem eisenhaltigen Gestein; unter-

irdische Gase gesellten sich hinzu, und so nahmen die Wasser der Unterwelt zuletzt die Eigenschaften der Felsmasse an, in der sie sich aufspeicherten.

Selbst im kältesten Winter beobachten wir daher die hohen Temperaturen der Thermen, den Kohlensäuregehalt vieler Quellen in der Umgebung von vulkanischen Massen und die Lösungen von Eisen (Stahlquellen), Salz (Solquellen) oder Radium im Wasser der Heilquellen.

Alle Eigenschaften des Landschaftsbildes und alle in ihm zum Ausdruck kommenden Bewegungen ändern sich, wenn im *Frühling* der Winter in seinen kurzen, kalten Tagen zu Ende geht, die Sonne wieder höher steigt und auf ihrem längeren Tagesweg ihre Strahlen unter immer steilerem Winkel herabsendet.

Mit jedem Tag wird die Erdoberfläche mehr belichtet und erwärmt; aus der sich verdünnenden Schneedecke treten an den nach Süden gerichteten Abhängen die ersten schneefreien Flächen hervor, und die weiße Winterfarbe wird abgelöst durch die braune, graue oder rote Farbe des Bodens.

Aber noch ist der Wald kahl. Im Frühlingssturm werden vom Wind seine letzten dünnen Blätter und Äste herausgeholt, und die gelben Grashalme zeigen noch keine Spur von organischem Leben.

Am Tage schmilzt das Bodeneis und die zarten Eiskrusten in allen Felsenspalten. In der kalten Nacht friert es wieder, und die dabei beständig wechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung zahlloser kleiner Wassermengen treibt den Lockerboden und den harten Fels auseinander. Dieser sogenannte *Spaltenfrost* und *Bodenfrost* lockert die Oberfläche der Erdrinde, der Boden beginnt zu fließen. Die Lockerdecken der Böschungen (Abb. 13) bewegen sich talabwärts (Fließerde, Gekriech), und von den auftauenden Felswänden bricht scharfkantiger Schutt herab.

Noch hält sich das Bodeneis in einiger Tiefe, noch ruht die Saftbewegung in den Pflanzen, noch schlafen die Bodentiere. Aber wo die steigende Tageswärme die Unterkante des Bodeneises geschmolzen hat, entsteht schon Bewegung und Leben.

Von den schneebedeckten Abhängen sickern und fließen die Schmelzwasser, und in den Niederungen steigt der *Grundwasserspiegel*. Die Bäche und Flüsse führen größere Wassermengen, ihre Eisdecke wird gehoben und zerbricht (Eisgang) in tausend Schollen, die das Ufer überall zerreißen, wo nicht das dichte Wurzelgewirr der Uferpflanzen eine elastische Wand erzeugt.

Erfüllt mit feinkörnigen Bodenteilchen (Flußtrübe), tritt das Wasser über seine Ufer und breitet auf der ebenflächigen

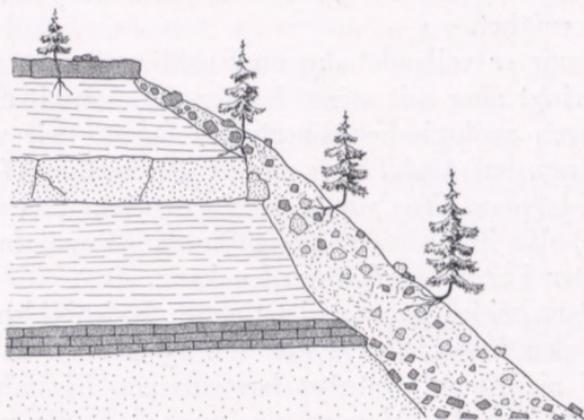


Abb. 13. Absinken des Gehängeschuttes an einer, aus weichen und harten Schichten aufgebauten Talwand, wobei man die härteren Felsbrocken auf ihrem Weg verfolgen kann und an dem geraden Unterende der Baumstämme sieht, daß sie tiefverankert sind, aber an den gebogenen Stämmen die Bewegung der Schuttdecke erkennt.

gen Aue eine neue Erdschicht aus. Sandbänke und Kieslager wandern am Boden des hochgeschwollenen Flusses talabwärts, und wo sich das Wasser staut, entstehen vergängliche Seen. Ungemein lebhaft werden jetzt die organischen Vorgänge und chemischen *Veränderungen innerhalb des Bodens*. Lösendes Wasser sickert durch die Bodenhaul, wird von den Wurzelhaaren der Pflanzen begierig aufgenommen, dringt in die zahllosen Blattanlagen, die unter dem Einfluß des Sonnenlichtes ergrünen, und die *Saugkraft* (Turgor) der organischen Gewebe ist so gewaltig, daß der wachsende Baum um mehrere Millimeter emporgehoben wird.

Die Tiere im Boden erwachen aus ihrem *Winterschlaf*, Würmer und Schnecken kriechen empor, Insekten entfalten ihre Flügel, die *Pilzfäden* durchspinnen das Wurzelgewirr der höheren Pflanzen, und die *Bodenbakterien* durchschwärmen seine Masse.

So werden anorganische und organische, chemische Veränderungen eingeleitet, die den Stoffwechsel des Bodens beschleunigen, und je länger die Winterruhe dauerte, und je rascher die warme Sonnenzeit einsetzte, desto größer sind die Umgestaltungen, die der Boden unter der grünen Pflanzendecke erfährt.

Der *Sommer* vollendet die im Frühling begonnenen Vorgänge, bringt aber mit seiner heißen Trockenzeit eine Reihe von anderen geologischen Vorgängen hervor, wie wir sie in ihrer extremsten Ausbildung nur in den heißen Wüsten beobachten können. Was wir hier sehen, macht uns vieles verständlich, das in unserem „gemäßigten Klima“ nur in abgemilderter Form verfolgt werden kann.

Es unterscheiden sich von jetzt ab die bodenbildenden Vorgänge in den *bewaldeten Höhen* von denen in dem mit Gräsern und niedrigem Gestrüpp bewachsenen *Flachland*.

Die Waldgebiete erinnern uns mehr an die nördlichen Zonen unseres gemäßigten Klimagürtels, die mit Gräsern und körnertragenden Pflanzen bedeckten Niederungen bieten ein Landschaftsbild, das man als *Kultursteppe* bezeichnet.

Erhöhte Sonnenwärme, geringe Niederschläge, trockene Winde und hohe Verdunstung sind die Ursachen vieler merkwürdiger Veränderungen.

Wenn in der vorausgegangenen Regenzeit reines destilliertes Wasser in den Boden drang, feine Bodenteilchen auflöste und, mit ihnen beladen, langsam in die tiefere Grundwasserzone hinabstieg, vollzog sich der Vorgang, den wir *Einwitterung* (Abb. 14) nennen. Denn Witterungseinflüsse drangen hierbei, je nach der Dauer ihrer Einwirkung, in immer tiefere Zonen des Bodens hinab, und es erfolgte hierbei eine Abnahme der löslichen Bodenbestandteile in der Ober-schicht. Mag es sich um zersetzte Pflanzenstoffe, um gelöste Kalk- oder Eisenmoleküle, um Stalldünger oder Dünge-

salze handeln, immer wandern diese Stoffe aus der Oberschicht nach unten und bewirken eine Verarmung an löslichen Bestandteilen. *Podsol* nennt man die hierbei entstehende aschenartige, nährstoffarme Oberschicht im Endzustand der Auslaugung — wir wollen dafür das Wort „*Bleicherde*“ anwenden. Nur in größerer Tiefe finden die Pflanzenwurzeln der langlebigen Gewächse genügende Nährsalze.

In der heißen, regenarmen Trockenzeit vollzieht sich eine allgemeine Bewegung des Wassergehaltes von unten nach oben, die wir als *Auswitterung* bezeichnen. Wenn wir vorher von einem *Steigen* des Grundwasserspiegels sprechen konnten, so treten jetzt Erscheinungen auf, die man rein äußerlich als ein *Sinken* desselben bezeichnet. Schwache Lösungen werden von oben her abgedunstet und sickern aus der Tiefe nach. Dadurch wird der Lösungsgehalt bis zur Trockene eingedampft und in feinsten Körnchen, Häutchen und Kriställchen ausgeschieden. Enthält das Grundwasser Spuren von Salz, dann blühen zarte weiße Salzpulvermengen auf dem Boden aus — er *versalzt*. Sind Gipslösungen im Boden enthalten, dann bilden sich im Boden kleine Gruppen von *Gipsnadeln*, und aus kalkigem Grundwasser entstehen in manchen Gegenden harte *Kalkkrusten*, die die Bearbeitung des Bodens außerordentlich erschweren.

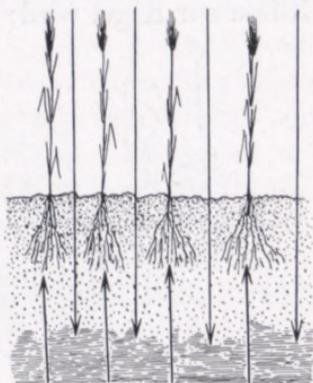


Abb. 14. Einwitterung und Auswitterung im Boden. Zwischen den Ähren veranschaulichen lange Pfeile den Weg des eindringenden reinen Regenwassers in den Boden, während in der Trockenzeit die aus dem Grundwasser aufsteigenden Lösungen von unten her bis an die Wurzeln herangebracht werden.

Die seltsamen braunen oder schwarzen *Dunkelrinden*, die ich in allen Wüsten unter besonders starker Verdunstung des Grundwassers entstehen sah, kommen in unserer Heimat nicht mehr vor. Aber die dunkle Farbe mancher in der diluvialen Steppenzeit ausgedörrten Blöcke erinnert uns an das damals auch in Deutschland herrschende Klima.

Da unsere mit Steppengräsern bewachsenen Felder unter

einer ständigen Bodenbearbeitung und unsere Auen unter einer sinnreichen Bewässerung stehen, können wir die letzten Auswirkungen dieser Austrocknung des Bodens in unserer Heimat nicht verfolgen. Aber wenn sich überall im austrocknenden Boden *Spalten* bilden, wenn seine Oberfläche bei jedem Windstoß Staubwolken erzeugt, wenn *Wirbelwinde* den Bodestaub, gemischt mit abgedorrten Pflanzenresten in die Höhen der Atmosphäre tragen, dann sehen wir im kleinen und für kurze Frist, was in einem weniger „gemäßigten“ Klima zur Regel wird; denn statt der Herrschaft des Wassers

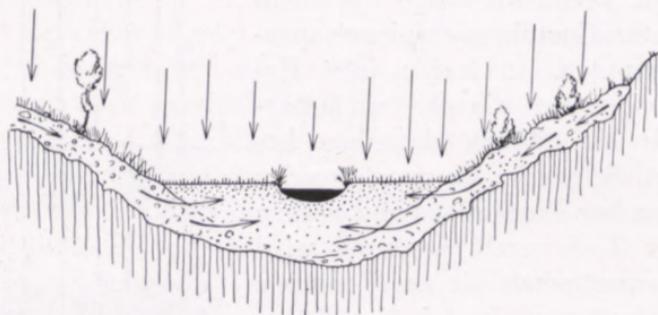


Abb. 15. Wasserbewegung in der Talaue. Bei Regen werden alle Lockerböden und besonders die staubbedeckten Pflanzen abgewaschen, und von allen Seiten strömen oberflächlich trübe Wasserzuflüsse in die Niederungen, während in der Bodendecke der Gehänge unterirdische Wasser sich langsamer zu Tal bewegen und, durch den Auehlm filtrierte, dessen Grundwasser vermehren. Der Fluß ist in der Regel gegen die Aue abgedichtet und befördert vorwiegend verunreinigtes Wasser.

beginnt die des Windes, und die *Erosion* des fließenden Wassers wird durch die *Deflation* der bewegten Luft abgelöst. Bis in die höchsten Höhen der Troposphäre wird der irdische Staub getragen, und horizontale Luftströmungen mischen den Staub roter Letten mit dem weißen Pulver verwitterter Kalksteine und den kleinen abgesprengten Splittern dunkler Schiefer, mischen zarte Glimmerblättchen mit den Häuten absterbender Pflanzen und den Hüllen wachsender Insekten. So wird der Staub, der aus der heimatlichen Scholle aufsteigt, mit demjenigen entfernter Gebiete beständig durchmengt.

Jede Hausfrau weiß, daß die nach längerer Trockenzeit

fallenden Regentropfen auf den Fensterscheiben einen zarten *Staubfleck* hinterlassen, aber nur wenige denken darüber nach, wie bei jedem Regenguß auch über Berg und Tal, Fels und Fluß, Wald und Wiese eine dünne Staubschicht ausgebreitet wird, die nur deshalb nicht zu einer dicken Kruste heranwachsen kann, weil sie bei jedem Regen von allen Flächen und selbst aus den feinsten Spalten wieder ab- und ausgewaschen wird. Wenn wir nach einem heftigen Regen das Flußwasser (Abb. 15) plötzlich als graue, gelbe oder rötliche *Flußtrübe* dahinströmen und wirbeln sehen, so wurden diese Teilchen nur zum kleinsten Teil von den Flußufern abgewaschen, vielmehr stammen sie von den feinen *Staubüberzügen*, die bei trockenem und bei regnerischem Wetter auf allen Pflanzendecken und allen Bodenflächen entstanden waren und nun mit den Staubkernen, die jeder Regentropfen enthält, von allen Seiten in Bach und Fluß hineinströmen. *Die Flußtrübe war also vorher Lufttrübe.*

Daß in trockenen Sommern die unbewachsenen *Sanddünen* wandern und daß sie auch nur in den trockenen Zeiten der Diluvialperiode entstanden sind, zeigt uns wiederum die innigen Zusammenhänge zwischen Vergangenheit und Gegenwart.

Der *Herbst* vollendet die Vorgänge des regenarmen Sommers und leitet mit seinen Regengüssen und Stürmen zu den Schneefällen des Winters über.

Das langsame Absterben aller Blätter und oberirdischer Pflanzenteile ändert vor allem die Farbe der Landschaft. Braunes Laub hängt noch an Bäumen, gelbe Halme mischen sich unter die grünen Gräser, und der Wind treibt die Samen vom Standort jeder Art und jeder Lebensgenossenschaft nach den benachbarten Lebensräumen.

Während die aus der Fremde importierten und hochgezüchteten Kulturpflanzen von den Feldern verschwinden, tritt das *heimische Unkraut* zutage, und statt des Goldglanzes der wogenden Ährenfelder sehen wir plötzlich die *Eigenfarbe des heimatischen Bodens*, die um so herrschender hervortritt, je mehr Pflug und Egge den Boden bearbeiteten.

Wer jetzt übers Land fährt, der sieht die *braune* Farbe wasserhaltiger Eisenverbindungen als das Kennzeichen der

meisten deutschen Böden, er sieht dazwischen die *schwarzen* Flächen fruchtbarsten Mutterbodens, die *gelben* Flächen der Lößerde oder die grauen Böden, die der Flugsand überwehte; er erkennt neben dem leuchtenden *Rötboden* die weißgrauen Flächen der *Kalkinseln* und unterscheidet von den mit grauen Schieferstückchen durchsetzten armen Böden die fruchtbaren Gehänge malerischer Grünsteinfelsen und die mit Blöcken übersäten Grusböden der Granitdome. Immer wieder zeigt sich uns jetzt der Einfluß des geologischen Untergrundes, den die Pflanzenwelt des Sommers verhüllte.

Wenn unsere Jahreszeiten in normaler Regelmäßigkeit aufeinanderfolgen, dann werden die im Boden entstandenen physikalischen und chemischen Veränderungen immer wieder ausgeglichen. Wenn aber ein Jahr oder eine Reihe von Jahren sehr schneereich, sehr regenreich oder sehr niederschlagsarm waren, dann spürt man die gesteigerte Wirkung solcher bodenverändernder Vorgänge, und der Ertrag unserer Felder kann für eine längere Reihe von Jahren dadurch vermindert oder gesteigert werden.

9. Bodenlage und Bodengrund.

Die Stellung der Erdachse zur Sonne und deren wechselnde Strahlungsenergie bestimmen das allgemeine geographische Klima — aber dieses „Klima“ kommt uns nur zum Bewußtsein, wenn wir eine größere Landschaft ins Auge fassen.

Leichter erkennen wir aber in jedem Einzelgebiet die Bedeutung der geographischen Umstände, deren Reichweite wir als die *Lage eines Grundstückes* bezeichnen.

Die erste Ursache für eine Veränderung des mittleren Klimas ist die Nähe und Größe einer ständigen Wasserfläche. Ein größerer *See* wirkt auf das Klima seiner Ufer, indem er die Lufttemperatur mildert und durch seine aufsteigenden Wasserdämpfe und Nebel die trockenen Luftströmungen in feuchte verwandelt. Der Unterlauf größerer *Flüsse* läßt dieselben feuchten Nebel entstehen, wie sie in breiter Fläche im *Küstengebiet des Meeres* auftreten. Schneefall und Kälte des Winters werden hier gemildert, und wenn auch die

Dauer der Sonnenbestrahlung kleiner wird, so wächst dafür die allgemeine Fruchtbarkeit des nie austrocknenden Bodens.

Sehr bemerkenswerte Wirkungen hat aber die *Geländegestalt* des Bodens für Wassergehalt, Verwitterung, Abtragung und Auflagerungsvorgänge.

Von der völlig horizontalen Flußbaue und der ebenen Oberfläche zugefüllter Seeböden durch die wachsende Böschung der Hügellandschaft bis zu den Steilhängen des Gebirges wechselt das örtliche Klima, und damit auch die Ertragsfähigkeit der Bodenfläche. *Südseite und Nordseite* der Berge bekommen eine wechselnde Menge der schräg auffallenden Sonnenstrahlen, werden verschieden erwärmt und von den herrschenden Regenwinden verschieden bewässert. Wir kennen im mittleren Deutschland nur *Weinberge*, aber in Italien gibt es überall *Weingärten* und *Weinfelder*, weil hier die Sonnenstrahlen steiler herabfallen.

Wenn man eine frisch umgebrochene Bodenfläche überschaut, deren Oberflächengestalt nicht mehr von den Pflanzendecken der Felder verhüllt wird, dann beobachtet man oft schon auf kurze Entfernung eine wechselnde Farbe des Bodens, verbunden mit einem Wechsel seiner Fruchtbarkeit. Darüber aber breitet sich jene eigenartige, *gerundete Oberfläche des Bodens*, die für alle, lange unter Kultur genommenen Flächen bezeichnend ist. Im Gegensatz zu den Ödländern und den höheren Gebirgen, zu den Felsengebieten des Nordens und den öden Steinwüsten des Südens, wo wir aus der Geländeform oft ohne weiteres den geologischen Bau des Untergrundes erschließen können, gleitet in unserem Klima *die Bodendecke wie eine elastische Haut* über das Felsgerüst der Erde und verhüllt uns die Grenzen der darin übereinandergeschichteten Gesteine.

Wir betrachten diese Geländeform als eine *Gleichgewichtsfläche zwischen dem festen geologischen Untergrund und den leicht beweglichen atmosphärischen Kräften* und werden ihre Entstehungsweise leicht verstehen, wenn wir uns klar geworden sind, daß die oberflächliche Bodenschicht in einer beständigen, *langsamen Bewegung* begriffen ist, die alle vor-

her vorhandenen Felsenrippen und Geländestufen allmählich ausgeglichen hat.

Die *Fließerde*, die wir im Frühjahr an allen Gehängen beobachten, das *Absinken des Gehängeschuttes*, dessen langsames Gleiten uns die im Boden verteilten Felsbrocken deutlich machen, das *Zerfallen von Felsen* unter dem Einfluß des Spaltenfrostes und der chemischen Verwitterung, das alles sind Teilerscheinungen eines allgemeinverbreiteten Vorganges. Wenn das Regenwasser oder die Schneeschmelze den Boden ins Gleiten bringt, wenn die Blöcke eines Bergsturzes nach wenig Jahren in einen flachen Trümmerhaufen verwand-

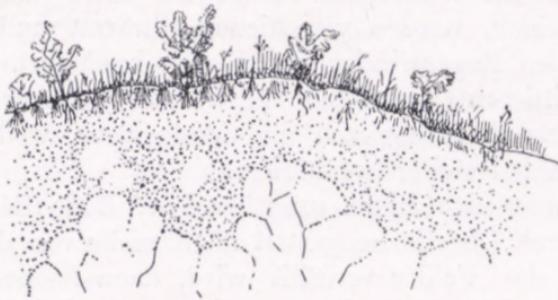


Abb. 16. Sandig verwitterter Granit mit härteren Blockresten in der zerfallenen Grundmasse.

delt werden, wenn an trockenen Tagen die abhebende Wirkung (Deflation) des Windes bestrebt ist, Geländeunterschiede auszugleichen, dann vereinigen sich alle diese geologischen Vorgänge mit der Schwerkraft der Erde, um die Oberfläche des Geländes abzurunden.

In Gegenden, die von Erdbeben heimgesucht werden, entstehen Risse und Geländestufen im Boden, aber sie verschwinden ebenso wie die durch einbrechende Grubenbauten oder ausgelaugte Salzstöcke sich bildenden Bodenrisse.

Selbst die kleinen Wunden in der Bodendecke, die bei der Anlage von Baumlöchern oder Wegen entstehen, gleichen sich wieder aus, und mancher Saumpfad über unebenes Gelände verschwindet im Lauf der Jahre.

Zu diesen geographischen Vorgängen und Unterschieden, welche die Lage und damit die Ertragsfähigkeit eines Grund-

stückes bestimmen, kommen die *geologischen Zustände* des in der Tiefe ruhenden *Bodengrundes*.

Die ursächlichen Beziehungen zwischen dem Boden und seinem Untergrund lassen sich auf zwei verschiedene Lagerungsverhältnisse zurückführen, und in der Regel genügt schon der kleine Aufschluß eines Wegrandes, einer unbewachsenen Böschung, eines Eisenbahndurchschnittes oder Steinbruches, um sich darüber klarzuwerden, ob die Masse des Bodens (abgesehen vom atmosphärischen Staub und den zersetzten Pflanzenteilen) aus dem darunter *anstehenden Ge-*

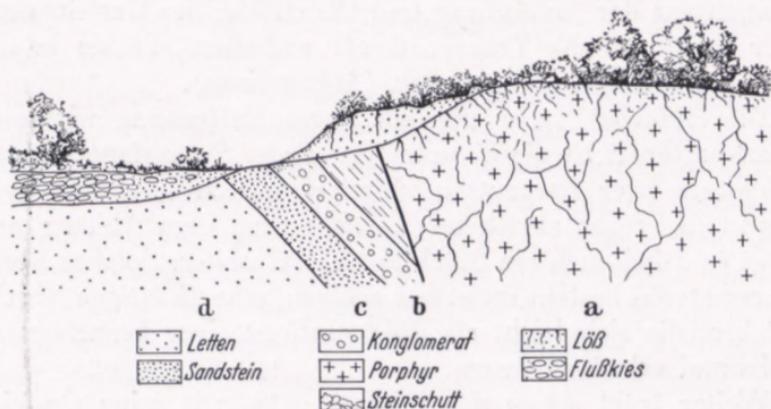


Abb. 17. Die Bodenarten über einem aus verschiedenen Gesteinen aufgebauten Untergrund. Eine Verwerfungskluft trennt rechts eine Porphykuppe mit bodenständiger Schuttdecke und bodenfremdem Löß, von den links schräggestellten Schichten mit bodenfremden Geröllen überlagert.

stein bodenständig entstanden oder *bodenfremd* darüber gelagert wurde.

Ein bodenständiger Boden enthält Bruchstücke von zerbröckelnden Gesteinen, die sich nach der Tiefe zu vermehren und endlich in die *festen gewachsenen Felsen* des Untergrundes übergehen. Diese Verwitterungsdecke ist meist von geringer Mächtigkeit, kann aber im Laufe längerer Erdperioden bis 10 m und darüber wachsen. Wir sehen dann in dem zermürbten und beweglich gewordenen Verwitterungsschutt meist kleine und große, weniger zersetzte, scheinbar gesunde Felsbrocken und Blöcke (Abb. 16) verteilt, die aber nicht durch eine natürliche Transportkraft aus der Fremde verfrachtet

wurden, sondern seit der Zeit ihrer Bildung an ihrem Fundort geblieben sind (Abb. 17 rechts).

Große Flächen unseres Vaterlandes sind aber mit *bodenfremdem* Verwitterungsschutt bedeckt, in dem man verhältnismäßig wenig heimische Gesteinsarten findet, während ihre größere Menge oft viele Meilen weit entfernt entstanden ist, dort am Aufbau der Erdrinde Anteil nahm und durch eine natürliche Transportkraft bis zu ihrem heutigen Fundort getragen wurde.

Wir nennen eine solche Lagerungsform *übergreifend* und können aus der Anhäufung und Oberfläche der Gesteintrümmer meist auf die Transportkraft schließen, die sie in der Vergangenheit verlagert haben (Abb. 1 links).

Die einfachste, aber nur auf kurze Entfernung wirksame Transportkraft ist die *Schwere der Erde*. Sie verlagert durch Bergsturz oder Bergrutsch, durch Gekriech oder Fließerde das in der Höhe anstehende Gestein nach dem Abhang und trägt es dabei auch ein Stück horizontal weiter. Solches Bergsturzmaterial besteht meist aus eckigen, scharfkantigen Bruchstücken, die sich leicht als Abkömmlinge einer benachbarten Felswand erkennen lassen.

Weiter trägt schon *das Wasser* (Abb. 18) seine Gesteinfracht, aber es enteckt und entkantet die verfrachteten Felsstücke und bildet aus ihnen *Gerölle*, die je nach den das Gestein durchsetzenden Spalten flach gerundete Scheiben oder enteckte Kugeln darstellen und meist durch den Transport im Flußbett nach ihrer Schwere und Härte sortiert wurden. Die weicheren Gesteinsarten werden rascher zerrieben und können bei längerem Transport völlig verschwinden. Scheibenförmige Gerölle stellen sich leicht etwas gegen die Stromrichtung geneigt, so daß man die Richtung des ehemaligen Flusses und einer von ihm längst verlassenen Abflußrinne erschließen kann.

Bei längerem Transport bleiben nur die allerschwersten oder allerhärtesten Bestandteile des einst verwitterten Gesteines übrig, aber immer zeigen uns die langen Terrassen oder niveaubeständigen Kieslager, daß sie von einem Wasserlauf am Grunde einer Talsenke verfrachtet und abgelagert wurden.

Eine großartige Transportkraft ist das gleitende *Gletschereis*. Die aus den Alpentälern heraustretenden diluvialen Gletscher und die vielen großen Binneneisdecken des Nordens haben in ihrem gleitenden Eis riesige Schuttmassen aus ihrem Ursprungsgebiet bis nach dem fernen Eisrand getragen und beim Schmelzen einen sandigen Steinbrei niederfallen lassen, der als *Grundmoräne* oder glazialer *Blocklehm* eine Musterkarte aller im Ursprungsgebiet des Eises anstehenden Gesteine enthält. Diese Massen sind mit Bezug auf den anstehenden Untergrund bodenfremd, und nur ihre Oberschicht ist nachträglich am Ablagerungsort in Kulturboden umgewandelt worden.

Die Stärke der Verwitterung, die chemische Zusammensetzung, die Mächtigkeit, der Wassergehalt, die Wasser- und Luftdurchlässigkeit dieser so verschiedenartigen, den Untergrund des Bodens bestimmenden Eigenschaften überträgt sich nun durch die Vorgänge des im Boden sich vollziehenden Stoffwechsels auf die obere Bodenschicht. Sie vereint sich mit den von obenher durch Klima und Geländegestalt bedingten Zuständen, und aus *dem Zusammenspiel so ganz verschiedener Ursachen* entstehen nebeneinander ganz verschiedenartige Böden von verschiedener Farbe, Feinbau und Fruchtbarkeit, deren Grenzen oft mit auffallender Schärfe aneinanderstoßen.

Die Erforschung dieser für den Standort und das Wachstum der Wildpflanzen wie der Kulturpflanzen so wichtigen Erscheinungen läßt sich leicht aus der Ertragfähigkeit des Bodens, schwer aus deren letzten Ursachen erkennen. Aber jeder Land- und Forstwirt weiß, welche Bedeutung das daraus entstehende *Bodenklima* der verschiedenen Ackerflächen für die Wirtschaft besitzt.

10. Das Klima am Erdboden.

Die durch A. v. Humboldt begründete Meteorologie sah ihre erste Aufgabe darin, die klimatischen Werte eines Landsteiles oder einer Fläche des Meeres in möglichst „*ungestörten*“ Zahlen zu ermitteln und durch den Vergleich

der verschiedenen Beobachtungspunkte *Mittelwerte* und atmosphärische *Gesetze* festzulegen.

Hierbei maß man die Temperatur nicht am Boden, sondern in etwa 1½ m Höhe. Die Luftbewegung und Luftfeuchtigkeit wurde ebenfalls in Manneshöhe über dem Boden bestimmt, damit alle vom Boden ausgehenden „Störungen“ ausgeschaltet wurden, und alle unsere klimakundlichen Tabellen und Karten beruhen auf solchen Beobachtungen in einer gewissen Höhe *über dem Boden*.

In den letzten Jahren hat man aber, was der erfahrene Landwirt längst wußte, immer mehr erkannt, daß diese Störungen, nahe dem eigentlichen Erdboden, die sich dort abspielenden Vorgänge so beeinflussen, daß nur ihre Kenntnis uns in den Stand setzt, das *wirkliche Bodenklima* zu verstehen.

Die Meteorologie der großen Räume und der höheren Luftschichten muß also ergänzt werden durch das sorgfältige Studium des *Mikroklimas in der bodennahen Luftschicht* und der von ihr beeinflussten *Bodenhaut*.

Wir müssen bei diesen Betrachtungen von dem *unbewachsenen Boden* ausgehen, der heute in Deutschland nur eine geringe Rolle spielt, aber am Schluß der Diluvialzeit überall herrschte.

Der nackte Felsboden, die öden Schutthalden am Abhang der Berge, die Blocklehme der vereisten Gebiete und die Sandflächen, die aus den Schmelzwassern auftauchten, boten damals einen Anblick, wie wir ihn heute nur in einem öden Gletschertal oder auf den Hochgebirgen Skandinaviens sehen können. Die Kraft der Sonnenstrahlen und die Kälte der Nacht wurden durch keine Übergänge gemildert, Spaltenfrost zerlegte die härtesten Felsen und bedeckte sie mit einem Trümmerwerk scharfkantiger Scherben, über die der Wind dahinfegte, dessen ungebrochene Kraft sich voll auf dem pflanzenleeren Boden auswirken konnte. Es entstanden steinreiche *Lesedecken*, aus denen alle feinkörnigen Teile herausgeblasen waren, und deren grobes Steinpflaster den Bau des Unterbodens mehr anzeigte als verhüllte.

Eine wichtige Rolle für die Erwärmung und Abkühlung

des Bodens spielt die *Farbe* des Gesteins. Auf dunklem Schiefer kann man leicht Mittagstemperaturen von über 60⁰ messen, während weiße Kalke viel geringer erwärmt werden.

Bunte Felsarten, wie Granit und Gneis, zerbröckeln in ihre verschieden gefärbten Gemengteile, und die Blätterstruktur schieferiger Gesteine läßt sie in dünne Scherben zerfallen.

Neben dem täglichen starken Temperaturwechsel und der Heftigkeit des Windes beobachten wir auf dem unbewachsenen Boden eine große Mannigfaltigkeit der *Bodenfeuchtigkeit*. Dunst und Nebel steigen aus dem Boden auf, Tau schlägt sich an allen Gegenständen nieder, Eisnadeln bilden faserige Krusten und können sogar kleine Steinchen schrittweise bis zur Oberfläche emportragen; selbst größere Felsstücke können auf diesem Wege aus dem Boden *heraufwachsen*.

Leicht kann man beobachten, daß die Tageswärme an geneigten Lagen 5 cm tief in den Boden dringt, aber im Winter friert selbst der bewachsene Boden allmählich bis zu beträchtlicher Tiefe.

Das alles bedeutet ein beständiges *Ausdehnen* und *Zusammenziehen* des Oberbodens, eine unaufhörliche *Verlagerung aller beweglichen Teilchen* und des zwischen ihnen verteilten *Wassers*.

Wenn die geographische Lage und die geologische Beschaffenheit des Bodens alle diese Vorgänge und Zustände von Ort zu Ort wandelt, so daß im Laufe der Jahrzehnte auch bleibende Veränderungen im Boden entstehen, so werden diese Vorgänge völlig umgewandelt durch die verschiedene *Bewachung des Bodens*.

Der *Wiesenboden* mit seiner ebenen Oberfläche und seiner geschlossenen Grasflur verhält sich anders als der *Steppenboden*, auf dem die Pflanzen in getrennten Büscheln wachsen und sich nur mit einem Wurzelschopf über die vom Winde gefegte Oberfläche erheben. Unsere mit Kulturgräsern bewachsenen *Felder* lassen, wie jene, beobachten, daß die bodennahe Luftschicht unbeweglich zwischen den Grashalmen ruht und ihre Luftmengen sich nur ganz langsam bewegen.

Man hat beobachtet, daß 50 cm über dem bewachsenen Boden die Sonnenstrahlung am stärksten war, und daß zwi-

schen den Pflanzenteilen in 10 cm Bodenabstand nur noch *ein Viertel* der Luftwärme zu beobachten war.

An heißen Sommertagen sieht man, wie die Luft über der Gras- oder Getreideflur zittert, weil zahllose kleine Ausgleichsströmungen die Temperaturen unter und über der Vegetationszone ausgleichen.

Ein ganz anderes Klima hat der *Wald*.

Gemeinsam ist dem Nadelwald wie dem Laubwald, daß die Windbewegung im *Kronenraum* zwar geringer als in der Luft, aber doch noch viel größer als in dem *Stammraum* ist, und am Boden die geringsten Werte erreicht.

Der mit dichten, harzreichen und schwerverweslichen Nadeln bedeckte Boden der Nadelwälder beeinflußt die darunter befindliche Erdschicht in anderer Weise als die locker liegenden Blätter des Laubwaldes, die eine größere Angriffsfläche bieten und ebenso leicht von den Kronen abgeweht, wie zwischen den Wurzeln vom Wind aufgehoben und zerrieben werden. Auch der Weg des auf die geschlossenen Baumkronen fallenden Regens ist bei Nadelwald und Laubwald verschieden. Wo die Bodenfläche nicht direkt beregnet wird, bilden die von Blattschirm zu Blattschirm fallenden Tropfen einen feinen Wasserstaub, und an den Stämmen rinnt das Regenwasser in dunklen Rindenstreifen herab bis tief in den Boden.

Diese so verschiedene Auswirkung des Luftklimas auf den Boden der grasbewachsenen Steppe und der baumbewachsenen Waldbestände äußert sich in vielfältigen Veränderungen der Böden, die uns in einem späteren Abschnitt noch beschäftigen sollen.

Obwohl wir in Deutschland den eigentlichen Urwald der feuchtwarmen Zone nicht mehr kennen, so bedeckte solcher doch in antediluvialer Zeit auch unser Vaterland, und so muß hier auch das eigenartige Klima dieser Pflanzenformation mit wenig Sätzen gekennzeichnet werden: Der *tropische Urwald* wird als die stärkste Anhäufung organischen Lebens unter den Strahlen einer heißen Sonne und unter dem Einfluß gewaltiger Regenmengen in übereinander liegende Stockwerke gegliedert. Ein *Schutzdach* harter, großer Blätter

schirmt den Urwald gegen die heißen Sonnenstrahlen ebenso wie gegen die Kraft des herniederprasselnden Tropenregens.

Unter ihm ist das Tierleben am reichsten: Insekten und Vögel, Kriechtiere und Baumkletterer bewegen sich in der an nahrhaften Früchten reichen Oberzone. Schlinggewächse, deren elastische Ranken Hunderte von Metern lang werden können, bilden Brücken und Schaukeln von Baum zu Baum und sind der Wohnort der kletternden Säugetiere.

Zwischen den bis zu gewaltiger Höhe aufsteigenden Stämmen des Oberwaldes erhebt sich die *Gipfelflur niedrigerer Bäume*, die im Schutze des äußeren Blätterdaches gedeihen. Mit ihnen entwickelt sich auf Stamm, Ast und Blattkrone das große Heer der Schmarotzerpflanzen. Hier ist die Mannigfaltigkeit der Pflanzenarten am größten.

Der in der Höhe zerstäubende Regen bildet eine mit Wasserdampf gesättigte schwüle Luft, wie wir sie aus unseren Treibhäusern kennen, und ein buntes Tierleben erfüllt den Lebensraum.

Und doch kann auch diese Zone üppigster organischer Entfaltung durch eine gelegentliche Klimaänderung völlig umgestaltet werden. Im Herbst 1914 hatte es am Abhang des Gedehvulkans bei Buitensorg auf Java *drei Monate lang keinen Tropfen geregnet*, und der typische „Regenwald“ bot einen geradezu befremdenden Anblick. Wo sonst das Auge kaum 5 m weit durch das dichte Pflanzengewirr hatte blicken können, war der Kronenraum auf 20 m Entfernung gelichtet. Die Farne und Flechten, Kletterpflanzen und Orchideen hingen dürr von Ästen und Stämmen. Der Wind hatte überall Lücken gerissen, und umgestürzte Urwaldriesen mit ihrem 15 m breiten Wurzelteller boten Gelegenheit, die Beschaffenheit des Untergrundes zu untersuchen.

Überall konnte man beobachten, wie *der Boden des Urwaldes* trotz des üppigsten Pflanzenlebens und des beständigen Blätterfalles *im ausgetrockneten Zustande helle Farben* zeigte und nur eine wenige Zentimeter dicke Moderschicht durch verwesende Pflanzenteile verfärbt war.

An solche Bilder muß man denken, wenn man sich darüber klar werden will, was in Deutschland geschah, als die

Zeit, wo das afrikanische Flußpferd hier lebte, zu Ende ging und auf dem skandinavischen Hochland und in den Alpen die Eisströme entstanden, die das reich bewachsene antediluviale Land leblos machten.

Mit ihrer kalten Front arktischer Pflanzen und polarer Tiere drang die Eisluft bis weit in das eisfrei bleibende Mittelland vor und bewirkte hier eine *klimatische Auslese an Pflanzen und Tieren*, die uns den Gegensatz der antediluvialen und der diluvialen Lebewelt ursächlich erklärt.

11. Der Standort.

Wir haben den Boden als die elastische Lockerhaut bezeichnet, die, zwischen Himmel und Erde ausgespannt, den Stoffwechsel zwischen diesen beiden Regionen vermittelt. Die Darstellung des Kleinklimas in der bodennahen Luftschicht hat uns die an der Bodenoberfläche sich abspielenden Vorgänge erläutert, nun müssen wir besprechen, welchen Einfluß die den Boden bedeckende *Lebewelt* besitzt.

Unsere aus nur einer einzigen Grasart bestehenden Feldflächen und unsere Kulturwälder, in denen eine einzige Baumart in geschlossener Schonung angelegt wurde, geben uns ein falsches Bild von der natürlichen Verteilung der Flora in der vorgeschichtlichen Zeit. Wir müssen solche Flächen studieren, die noch kein rationell denkender Land- oder Forstwirt in Rodung und Betrieb genommen hat, oder solche Gegenden aufsuchen, wo früheres Kulturland verwilderte und sich mit der urwüchsigen Pflanzenwelt wieder bedeckt hat, die man als „Unkraut“ bezeichnet.

Nur wenn wir solchen „Urwald“ und solche „Urfelder“ unserer weiteren Betrachtung zugrunde legen, gewinnen wir ein Bild von den die ganze Lebewelt beherrschenden *Wechselbeziehungen zwischen Boden und Leben*, die man als *Standort* bezeichnet.

Es wäre eine fesselnde Aufgabe, in der Umgebung einer landwirtschaftlichen Schule statt eines systematisch geordneten botanischen Gartens auf einem geologisch und topographisch mannigfaltig gegliederten Gelände *ein Stück ur-*

wüchsigen Landes anzulegen, wo man die in Abhängigkeit vom Untergrund, Bodenart, Lage und Kleinklima im kleinen und großen natürlichen Pflanzenverbände sehen und beim Unterricht erläutern könnte.

Jeder Land- oder Forstwirt, jeder Botaniker und Kräutersucher, jeder Insektensammler und jeder Jäger weiß aus vielfältiger Erfahrung, daß jedes auf natürlichem Wege und ohne Zuchtwahl besiedelte Gebiet *nicht aus einer einzigen Art* oder Gattung besteht, sondern einen *Lebensverband* (Synusie) von überaus mannigfaltiger und wechselvoller Zusammenstellung darstellt.

Aber die in einer solchen biologischen Vereinigung miteinander lebenden Pflanzen und Tierarten sind keineswegs überall gleichmäßig miteinander gemischt, und wer sein Sammelgebiet jahrelang immer wieder durchstreift hat, der weiß auch, daß es eigentlich keine Seltenheiten gibt, denn immer wieder entdeckt er einen Fundort, wo eine bestimmte Art dauernd oder zeitweilig in zahlreichen Exemplaren gedeiht. Weite Strecken und lange Jahre hindurch muß man dann wieder beobachten, bis man an dem einen oder anderen Standort dieselbe Häufung einzelner Formen wieder findet.

Der Sammler ist zufrieden, wenn er einen solchen Fundort für sich ausbeuten kann, und hütet sein Geheimnis über Ort und Zeit des gehäuften Auftretens; in der Regel fehlt auch ihm die Zeit und die wissenschaftliche Vorbildung, um die Ursachen dieses „sporadischen“ Auftretens zu ergründen, und doch gehört die Erforschung der Bodenlage, des Untergrundes, des Kleinklimas, der Konkurrenz unter den Lebensgenossen und ihrer bald verlangsamten, bald verlängerten Entwicklung zu den interessantesten Problemen der Biologie.

Seitdem die Welt der Bodenbakterien und anderer Kleinwesen bekanntgeworden ist, die als Vermittler zwischen Boden und Wurzel, zwischen Raupe und Schmetterling überall ihre geheimnisvollen Verbindungen ziehen, eröffnet sich für die weitere Erforschung der Standortprobleme ein unermeßliches Feld, das nicht nur dem Fachgelehrten, sondern auch dem Liebhaber der Natur eine Fülle von Anregung und weitreichenden Fragestellungen bietet.

Wir können hier nur an einigen Beispielen in das weite Feld dieser Aufgaben hineinschauen:

Die *Spaltpilze* bilden die wichtigsten Bewohner des Bodens. Ihre mikroskopische Kleinheit bringt sie den kolloidalen Bodenteilchen nahe, ihre Lebensweise macht sie zu Vermittlern zwischen diesen und den höheren Pflanzen und Tieren auf dem Boden.

Die äußere Form dieser Kleinwesen, als kugelige Kokken, kurze stabförmige Bakterien oder gebogene Vibrionen, tritt als Unterscheidungsmerkmal zurück gegen ihren überaus *verschiedenartigen Stoffwechsel*. Ebenso wie der giftige Satanpilz mit dem eßbaren Steinpilz leicht verwechselt werden kann, so zeigen viele äußerlich ähnliche Spaltpilze einen grundverschiedenen Stoffwechsel. Sie bevölkern die Luftschicht bis über 4000 m Höhe, werden um 500 m zahlreicher, und ihre Zahl kann in 1 ccm Kulturboden 2 bis 50 Millionen betragen. Sie nutzen alle Energiequellen aus, und unterhalb der von *aëroben* (sauerstoffbedürftigen) Spaltpilzen belebten Oberschicht leben in der dunklen Tiefe die *anaëroben* Formen, die ohne Licht und ohne Sauerstoff gedeihen: Soweit sich der Boden bewegt oder bewegt wird, reicht das Reich ihres geheimnisvollen Stoffwechsels.

Die einen erregen das *Faulen* tierischer Abfallstoffe, andere spalten Zellulose oder veranlassen die *Verwesung* von Pflanzenresten. Manche binden den im Boden enthaltenen freien Stickstoff, andere bilden Salpetersäure. Neben den Schwefelbakterien, die aus schwefelhaltigen Verbindungen Schwefel frei machen, finden wir in trägen Gewässern die durch Eisenbakterien erzeugten Ockerabsätze.

Neuere Kulturversuche lassen erkennen, daß viele dieser Formenkreise in ihrem Stoffwechsel nicht allein von den physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens, sondern *von den Lebensvorgängen ihrer Lebensgenossen abhängig sind*.

Mit den unsichtbaren Bodenbakterien wetteifern an Bedeutung im Stoffwechsel des Bodens die zarten, weißen *Pilzfäden* zwischen den Wurzeln der Gräser und Bäume. Es ist nicht möglich, dieses zarte Gespinnst nach Gattungen und

Arten zu bestimmen, aber wenn die Fruchträger an der Oberfläche der Wiese oder des Waldbodens erscheinen, wenn neben dem gelben Reizker der weiße Edelpilz, neben dem braunen Hut des Steinpilzes der zellige Kopf der Morchel erscheint, dann sehen wir, daß ganz verschiedenartige, äußerlich nicht unterscheidbare Fadenkolonien im Boden leben, deren Sporenträger plötzlich über seiner Oberfläche erscheinen.

Die bekannten dunkelgrünen Hexenringe, die man auf der Wiese überall da beobachtet, wo die Pilzfäden des Edelpilzes den Boden bewohnen, sind nur ein Beispiel für die geheimnisvolle Wechselwirkung der auf jedem Boden miteinander lebenden, sich gegenseitig bekämpfenden oder fördernden Lebensgenossen. Das plötzliche Auftreten einer eßbaren oder giftigen Pilzart an der einen oder anderen Stelle, die Fülle oder Seltenheit derselben in aufeinanderfolgenden Jahren und die jedem Sammler wohlbekanntem Beziehungen des Standortes zu seiner Umwelt, läßt sich kaum in ihrer Erscheinung und noch schwerer in ihren Ursachen erfassen und ist doch ein zwingender Beweis von dem geheimnisvollen Wechselspiel zwischen Grund, Boden und Lufthülle.

Ganz ähnliche Erfahrungen machen wir, wenn wir die Verbreitung *einjähriger Pflanzen* in Wiesen, Heide, Feld und Wald verfolgen und uns darüber klarwerden, daß ihre oft uns so unscheinbare und schwer unterscheidbare *Wurzel* der *biologisch wichtigste Teil* dieser Pflanzen ist. Aus den Wurzelspitzen sprossen in zahllosen Generationen die zarten Wurzelhaare hervor und verschmelzen so innig mit den kleinsten Bodenteilchen, daß sie selbst durch Waschen nicht von diesen abgelöst werden können. Mit Hilfe dieser feinen Wurzelhaare nimmt das kleine Veilchen und der gewaltige Eichbaum seine besonderen Nährsalze aus dem Boden, und die rasch vergänglichen Wurzelhaare bilden einen großen Teil der dunklen Humusbestandteile, die den Boden färben.

Wir können nicht die selektive Eigenart der zarten Härchen an der Wurzel einer Eiche, Buche, Fichte oder Kiefer oder der verschiedenartigen Sträucher, die zwischen dem Hochwald wachsen, experimentell bestimmen. Aber wir beob-

achten, daß mitten in dem gleichmäßig gepflegten Wald kahle Stellen entstehen, daß die Pflanzen der Wiesen oder der Heide nicht überall gleichmäßig gesund sind, daß Orte lebhaften Wachstums neben den Standorten frühen Welkens stehen, und daß die Fruchtbarkeit nicht durch die Zahl der Blüten bestimmt wird, sondern daß sogar der blütenreiche Apfelbaum in bestimmten Jahren keine einzige Frucht zur Reife bringt.

Das alles sind Fragen des Standortes im Wechsel der Zeiten und regen uns an, immer wieder nach den Beziehungen zu forschen, die zwischen Boden und Pflanze bestehen.

Ebenso lehrreich sind die Beobachtungen an *Bodentieren*, die zwischen und von den Pflanzen leben und mit diesen von den natürlichen Zuständen des Bodens in ihrer Entwicklung und Vermehrung bestimmt werden.

Die meisten Menschen beschäftigen sich mit diesen Tatsachen nur, wenn in einem Maikäferjahr plötzlich Millionen der braunen Insekten aus dem Boden kriechen, in dem sie sich jahrelang entwickelten, und fragen nicht, welche Schicksale die Engerlinge im Boden erlebten, untersuchen nicht, weshalb eine Generation von Eiern nicht heranwuchs, weshalb sie nur in bestimmten Bodenarten gedeihen konnten und im benachbarten Gebiet keinen Schaden anrichten.

Ein Blick auf die Lebensdauer eines solchen Käfers (nach Brehms Tierleben) läßt uns leicht erkennen, welche Änderungen er in seinem Lebensgebiet hervorruft: Das befruchtete Weibchen legt einige Eierhaufen 5—7 cm tief unter der Erde ab. Nach 4—6 Wochen kriechen die kleinen Larven aus, fressen bis Ende September die Wurzelhaare ihrer Umgebung und die mit ihnen vermischte Erde und graben sich dann tiefer ein, um ihren Winterschlaf zu halten. Im nächsten Frühjahr steigen sie wieder nach oben, um dort zu fressen, begeben sich aber zu ihrer ersten Häutung wieder tiefer, um abermals emporzukriechen und mit doppelter Gier unter der Pflanzendecke ihre Nahrung zu suchen.

Jetzt sind sie ein Jahr alt, werden durch ihre Freßlust bemerkbar und zerstreuen sich im Boden. Wieder hinabsteigend, verfallen sie in den zweiten Winterschlaf, fressen

wieder den Sommer hindurch und gehen wieder tiefer hinab, um sich hier zu verpuppen. Die Käfer bleiben wieder einen Winter hindurch in der Tiefe und erscheinen meist im folgenden Mai über dem Erdboden, der in günstigen „Maikäferjahren“ siebartig durchlöchert erscheint.

In Franken treten sie ungefähr alle 4 Jahre in größerer Zahl auf; in der Schweiz erscheinen die Hauptflüge alle 3 Jahre, und zwar zu verschiedener Zeit in der Gegend von Basel, Bern und Uri.

Man könnte in derselben Weise den Lebensgang und die Vermehrung der bodenbewohnenden Mäuse und Hamster, Regenwürmer, Maulwürfe und Schlangen verfolgen und würde immer wieder nur zu dem Ergebnis kommen, daß die wechselnden physikalischen und chemischen Zustände des Bodens in den Standorten der Pflanzen und damit auch in den Wohngebieten der Tiere, die denselben Lebensraum bewohnen, zum sichtbaren Ausdruck kommen.

Es wäre eine fesselnde Aufgabe, in diesem Zusammenhang auch die Beziehungen zwischen Mensch und Boden in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Denn in den *Anfängen der Menschheit* und bei ihren ersten Schritten in das Reich der Kultur waren auch unsere Vorfahren mehr als jetzt an den Boden und den Standort gebunden, wo sie die ihnen günstigsten Futterplätze fanden oder erwarten konnten. In geringer Zahl, eingefügt in eine Lebensgenossenschaft zahlreicher Wildtiere, zogen sie mit diesen innerhalb ihres weiten Lebensraumes von Ort zu Ort, von einer Wasserstelle zur anderen, vom fruchtebeladenen Wildbaum zur körnertragenden Waldwiese. Wie die heutigen Australneger alles Eßbare aus dem Pflanzen- und Tierreich sammeln und verborgene Standorte zarter Kräuter oder fettreicher Insektenlarven aufsuchen, so wurden diese *primitiven Wildläufer*, im großen *ziellos*, im kleinen *zielbewußt*, ruhelos umhergetrieben.

Dann kam die Zeit, wo der wandernde Mensch an günstigen Standorten längere Zeit rastete und ein *Heimatgefühl* gewann, dessen Erinnerungsbilder, zum Wunschbild umgestaltet, ihn oft in der Ferne das suchen ließ, was er an einem vor Generationen verlassenen Standort verloren hatte.

Der Beginn der diluvialen Vereisung änderte das Wesen der Wanderung und stellte neue Forderungen an die Eigenart eines Standortes. Warme Quellen wurden nicht nur ein Ziel der frierenden Großtiere, sondern auch der Jagdplatz, wo die fleischhungrigen Jäger zusammenkamen, und so sind manche berühmten Fundorte der ältesten Bewohner Deutschlands gerade an solchen Stellen erkennbar.

Aber während der Diluvialzeit wurden auch riesige, reich bewachsene und reich besiedelte Bodenflächen durch Eisdecken unbewohnbar gemacht, und niemals hat der Satz vom *Volk ohne Raum* so verhängnisvolle Bedeutung gewonnen, wie in dieser Zeit der großen Veränderungen in Europa.

Beim Übergang zur geologischen Gegenwart verbreiterte sich das Siedlungsland um das Mehrfache, und man könnte, als das Motto dieser Zeit, von einem *Raum ohne Volk* reden.

Denn welche ungeheueren Flächen beim Abschmelzen des diluvialen Eises den vorher auf engsten Raum zusammengedrängten Tierscharen und Menschenhorden frei gegeben wurden, davon können wir uns heute kaum eine Vorstellung machen.

Die Größe dieses postdiluvialen Siedlungsraumes, das man als *Neuland* im eigentlichen Sinne bezeichnen könnte, blieb aber nicht lange erhalten. Denn bald drang das durch die Schmelzwasser aus Eis und Schnee vermehrte Weltmeer in flache oder sinkende Küstengebiete hinein. Fruchtbare Niederungen wurden vom Meere verschlungen, ihr Pflanzenbestand vernichtet, und ihre Bewohner vertrieben.

Dem natürlichen Gefälle entgegen, drang die „Nordische Sintflut“ *flußaufwärts*, unaufhaltsam Hunderte von Meilen vor und hinterließ im Gedächtnis der Völker, die diese Katastrophe erlebt hatten, unverilgbare Erinnerungsbilder.

12. Die Bedeutung der Luftrübe für die Bodenbildung.

Soweit der Himmel blau erscheint, ist die Luft von zahllosen feinsten Stäubchen erfüllt, die als „trübes Medium“ den eigenartigen Farbenschimmer des Himmelsgewölbes ebenso

erzeugen, wie feine Aschenteilchen den Rauch des Herdfeuers blau färben.

Wenn wir mit dem Ballon in die Höhe steigen, schwindet allmählich der blaue Schimmer, und etwa 10 km über der Erde, in der Stratosphäre, leuchtet die Sonne auf schwarzem Hintergrund.

Die Entstehung der für die Bodenbildung so wichtigen *Lufttrübe* läßt sich auf verschiedene Ursachen zurückführen, die wir nur verstehen können, wenn wir dabei die ganze Erde in Betracht ziehen.

Erfahrungsgemäß wird nur unbewachsener Boden vom Winde angegriffen, und nur hier sehen wir die Vorgänge stärkerer Abwehung. Daher können wir in unserem dichtbewachsenen Kulturland die *Entstaubung des Erdbodens* nur in trockenen Sommern oder auf dem abgeernteten Brachland beobachten.

Dazwischen zeigen uns aber die Landstraßen das ganze Jahr hindurch, welche Mengen von Staub in trockenen Sommern durch den Wind aufgewirbelt und auf alle Bäume, Grasränder und Feldstreifen an der Straße geweht werden.

Viel größer sind die kahlen Flächen in den spärlich bewachsenen Savannen und den leblosen Wüsten. Hier werden durch den Wind Tag für Tag und Jahrtausende hindurch solche Mengen verwitterten Steinpulvers abgetragen, daß gewaltige Lücken im Felsenbau der Erdrinde die Macht der *Deflation* besonders auffällig verfolgen lassen.

Man glaubt gewöhnlich, und oberflächliche Reiseberichte erzählen immer wieder davon, daß in Ägypten und anderen Wüstenländern heftige *Sandstürme* herrschen, die alle Flächen mit Sand überdecken. Aber nur ein kleiner Teil der Wüste ist mit Sandhügeln bedeckt, die bei heftigen Stürmen zu wandern beginnen und dabei wohl auch eine ermattete Karawane zu verschütten drohen.

Dagegen sind *Staubwinde* ein wesentliches Kennzeichen *aller Wüsten*. Bald sieht man 100 m hohe Staubsäulen als *Windhosen* (Tromben) langsam über die Wüstenebene ziehen, die große Mengen von Staub vom Boden in die Höhe der Atmosphäre befördern. Viel eindrucksvoller aber sind die

riesigen *Staubwolken*, die sich bis etwa 500 m Höhe wie eine Nebeldecke über das ganze Land breiten.

Wer solche Staubwinde in den Wüsten aller Erdteile verfolgt hat, der kommt zu der Überzeugung, daß die Geländegestalt der Wüste nicht durch die Fluten eines Saharameeres und nicht nur durch die Ruckregen der diluvialen Regenzeit erzeugt wurde, sondern sich unter dem Einfluß des Windes bildete und noch täglich umgestaltet.

Wenn man Talkessel von 80 km Länge, 30 km Breite und 300 m Tiefe in das Tafelland der Lybischen Wüste eingesenkt sieht, dann staunt man, welche ungeheueren Massen verwitternder Gesteine durch Deflation des Windes in die Höhe gehoben und *aus der Wüste herausgetragen* worden sind. Daß ähnliche Verhältnisse auch in Nordeuropa während der Diluvialzeit herrschten, beweisen uns die damals gebildeten Lößlager und Dünengebiete.

Während die verwitterte und zersplitternde Oberfläche des Felsenlandes durch den Wind abgehoben wird, erfolgt eine strenge *Sortierung des Materials* nach Schwere und Korngröße: Am Boden sieht man kleine Steinchen und grobe Sandkörner dahintreiben, die den Reisenden veranlassen, in einer Talsenke oder hinter einem Felsenberg vor ihren Angriffen Schutz zu suchen. Der Felsen zeigt uns glatte Flächen und tiefe Rillen, die der treibende Sandwind erzeugte.

Aber schon in der Höhe des Kamelrückens werden wir nicht mehr durch die groben Wurfgeschosse des Samum gestört, dafür umgibt uns der Feinsand in so dichten Wolken, daß wir unser Gesicht verhüllen müssen.

In noch größerer Höhe treibt nur feinstes Gesteinpulver; aber wenn wir sehen, wie ein solcher Wüstensturm mehrere Tage lang die vorher klaren Bergkonturen des weiten Landes verhüllt und allmählich höher steigend als eine zarte Nebelwolke in der Ferne verschwindet, dann kann man verstehen, wie von allen Wüsten aus, jahraus, jahrein, eine ungeheure Menge feinsten Pulvers bis an die Grenze der Stratosphäre gehoben wird und sich im Äther verteilt.

Eine zweite Quelle von größter Bedeutung für die Bildung der feinen Lufttrübe sind die dampfenden *Vulkane*, aus denen

monatelang ungeheure Aschenwolken bis zu den Höhen der Stratosphäre emporqualmen. Auch hier beobachteten wir, wie mit zunehmender Höhe die ausgeworfenen Lavateilchen immer feinkörniger werden. Um den Krater herum häufen sich die glühenden *Bomben*; walnußgroße *Lavabrocken* bedecken die äußeren Abhänge in 2 m hohen Lagern. Höher steigt der vulkanische *Feinsand*, und bis in die höchsten Höhen der Luft-hülle wirbeln die heißen Gase *feinste Asche*.

Bei der Eruption des Krakatau bei Batavia, 1883, trieben feinste vulkanische Stäubchen in einer Höhe von 20 km über ein Jahr lang um den ganzen Erdball und erzeugten bis nach Nordeuropa das wunderbare Schauspiel der leuchtenden „*Wolken*“, die damals allabendlich verfolgt werden konnten.

Wenn Wüstenstaub und vulkanische Aschenwolken den größten Anteil an der Bildung der Lufttrübe in den höhern Luftschichten und damit auch an der Entstehung der blauen Himmelsfarbe haben, so treten hierzu alle die *heimatlichen Staubherde*, die vom trockenen Boden abgehoben und in aufsteigenden Windströmungen wirbelnd nach oben befördert werden. Auch hier fallen die gröberen Bestandteile bald wieder herab; aber wenn wir im Frühjahr an schmelzenden Schneewehen verfolgen, wie ihre weiße Oberfläche allmählich grau, bräunlich oder rötlich gefärbt wird, dann erkennen wir leicht, daß es sich um *Heimatstaub* handelt, den der Wind von den Feldern aufhob und der *mit dem Schnee* wieder herunterfiel.

Viel wichtiger ist die Beteiligung der *Organismen* an der Bildung des Luftstaubes unserer Heimat.

Was wird denn aus den dürren Gräsern und den vertrockneten Blättern, den morschen Ästen und abfallenden Rindenstücken, die der Herbstwind aus unseren Wäldern, Heiden und Wiesen herausholt?

Alle diese im organischen Stoffwechsel entstandenen, sprossenden, grünenden und verdorrnden Gewebestücke werden zu feinstem Pulver zerrieben und verschwinden zum größten Teil in der Atmosphäre.

Zu ihnen gesellen sich die Pollen, Sporen und Samenkörner zahlloser Pflanzengenerationen, die weit über das

Land gestreut werden und nur zum kleinsten Teil auf solchen Standorten niederfallen, daß sie wieder aufkeimen.

Wir dürfen nicht vergessen, daß auch die Abfallstoffe und Leichen zahlloser, kleiner und größerer Tiere, wie der Volksmund sagt, „zu Asche werden“. Endlich gesellen sich dazu Keime der Fäulnisbakterien und vieler anderer krankheitserzeugender *Mikroben*, die in der Luft schweben und zu feinsten Stäubchen eintrocknen.

Wenn man bedenkt, daß zwei Drittel der Erdkugel vom *salzigen Weltmeer* bedeckt werden, dessen Oberfläche in allen Breiten zu hohen Wellenkämmen aufgetürmt und zu *Schaum* zerspritzt wird, den aufsteigende Luftströmungen in die Atmosphäre befördern und horizontale Seewinde weit ins Land tragen, dann wird man verstehen, weshalb die Luft fast überall Mengen von Chlor enthält, und daß im Spektroskop die gelbe Natriumlinie auch fern vom Meere immer wieder aufblitzt. Denn feinste Körnchen von *Kochsalz und Bittersalz*, als den beiden wichtigsten Stoffen im Seewasser, entstehen überall, wo dieses zerstäubt und getrocknet wird.

So steigt dauernd, durch Tage und Wochen, Jahre und Jahrhunderte eine beträchtliche Menge dieser marinen Salze in der Atmosphäre auf und verteilt sich zwischen den anderen Elementen der Lufttrübe.

Aber auch aus dem Himmelsraum wird die Menge der feinsten *Meteorstäubchen* vermehrt, die in den Schichten der Atmosphäre enthalten sind. Denn jede Sternschnuppe ist ein verbrennendes Stückchen Weltenstoff und jeder Meteor ein in der Atmosphäre in glühende Tröpfchen verwandeltes Stück der zahllosen *kleinen Weltkörper*, die den dunklen Raum zwischen Sonne und Erde auf regellosen Bahnen durchheilen.

Sobald sie in den Anziehungsbereich der Erde kommen, stürzen sie zu uns herab und werden in der Atmosphäre in kleinste Stäubchen verwandelt. Wenn wir bedenken, daß wir Sternschnuppen und Meteore nur in der dunklen Nacht beobachten, dann müssen wir ihre Zahl verdoppeln, um uns ein Bild von den ungeheueren Mengen *kosmischen Staubes* zu machen, der beständig zu dem erdgeborenen Staub im blauen Himmelsgewölbe hinzukommt.

Es ist unmöglich, die beständig wechselnden Mischungen aus Heimatstaub, Pflanzenstaub, Wüstenstaub, Salzstaub, Vulkanstaub und Meteorstaub mechanisch oder chemisch voneinander zu trennen, denn die Teilchen so verschiedener Herkunft, die sich in der Atmosphäre mischen, sind so feinkörnig, daß sie selbst im Mikroskop nicht zu unterscheiden und nur im Ultramikroskop zu erkennen sind.

Auf ganz verschiedenem Wege gelangen diese feinsten Teile wieder zur Erdrinde herunter, werden hier von feuchtem Boden oder Vegetationsdecken festgehalten und *von den am Boden herrschenden klimatischen Bedingungen so verändert*, daß man ihr Ursprungsgebiet nicht nachweisen kann. Eine afrikanische Roterde verwandelt sich vielleicht in der Halbwüste in einen grauen salzigen Schlamm oder in einen gelben Löß und wird am Boden des Weltmeeres zu blauem Schlick; das Klima der gemäßigten Zone erzeugt daraus eine braune Erde, und wenn der rote Staub über sumpfiges Tundragebiet gebreitet wurde, dann verschwindet sein Material und seine rote Farbe im braunen Moder und erscheint uns zuletzt als *Aschengehalt* von Torf oder Kohle.

Der Niederschlag des feinsten *Staubes aus trockener Luft* wird dadurch beschleunigt, daß die kleinen Teilchen, die bei geringstem Volumen eine große Oberfläche besitzen, sich nachts durch Ausstrahlung rasch mit schweren Lufthüllen umgeben und mit diesen zu Boden sinken. Oft beobachtet man am Rande staubbildender Wüsten, wie sich die am Abend undurchsichtige Luft nach einer kalten Nacht vollkommen geklärt hat.

Die afrikanische Wüste erzeugt die Staubwolken, die zwischen Westafrika und den Kanaren die Segelschiffahrt im „Dunkelmeer“ so gefährlich machten und die an der afrikanischen Küstenzone den grünlichen Meeresschlamm bilden.

In allen regenreichen Gebieten fallen sehr beträchtliche Mengen von Staub mit jedem *Regentropfen* hernieder. Man würde nach einem Regen nicht die Fensterscheiben putzen müssen, wenn nicht die ersten Tropfen große Mengen von Staub aus der Luft auswüschten, und der „Blutregen“ im Mittelmeergebiet, der zu manchem Aberglauben Anlaß gibt,

und der auf jedem Blatt einen roten Fleck hinterläßt, ist afrikanischer Wüstenstaub.

Große Mengen von Staub fallen auch mit *Schnee* herunter. Denn wenn man das Abschmelzen einer großen Schneewehe verfolgt, so sieht man leicht, wie ihre anfangs weiße Farbe allmählich mißfarbig wird und schließlich als schmutziges Schmelzwasser weiterläuft. In Nordsibirien fallen sogar solche Mengen von staubreichem Schnee, daß sich die Pelze der Reisenden mit dicken Lehmkrusten bedecken. Selbst in Hagelkörnern, die aus den Höhen der Atmosphäre stammen, kann man noch Staubeilchen nachweisen.

So senkt sich immer wieder der *zarte Staubschleier der Lufttrübe zur Erde herab* und verwandelt sich bei jedem Regenguß in *Regentrübe*, die nun als zarter Brei über den Boden gleitet.

Hierbei erfolgte zunächst eine Verklebung der locker herumliegenden Bruchstücke anstehender Gesteine, und wenn das Regenwasser im steinbedeckten Boden versinkt, so füllen sich nun die Lücken zwischen den Steinbrocken nach jedem Regenguß. Die Staubeilchen dichten als zarter Brei den Steinboden ab, und überall entstehen *Regenpfützen*.

Der feine Schlamm gleitet über die Böschungen des bewachsenen Bodens weiter und wird überall von den Pflanzen festgehalten, die nicht nur das oberflächlich fließende Wasser begierig aufnehmen, sondern das versickernde Naß ihren Wurzeln zuführen.

Jeder Regentag nach längerer Trockenheit gibt uns Gelegenheit, die weiteren Schicksale des trüben Regenwassers zu verfolgen, das in breiter *Flächenflut* zunächst über alle Hänge gleitet, dann aber in selbstgegrabenen Furchen als *Rinnenspülung* weiterläuft, die Täler zwischen den Hügeln erreicht, dort mit stärkerer Stoßkraft den Boden aufreißt und endlich in den Bach- oder Flußlauf mündet.

Aber diese absinkende Bewegung der Bodenteilchen erreicht in der Talaue nicht ihr Ende. Denn der Überschuß des mit Staub erfüllten Regen- und Schneewassers fließt in den Flüssen weiter.

Man muß einmal während eines starken Regenwetters diese

Vorgänge im Freien beobachten, muß verfolgen, welche Mengen von atmosphärischem Staub von allen Blättern und Grashalmen abgewaschen werden, um zu erkennen, daß die während eines Gewittergusses so plötzlich auftretende Trübung des Flußwassers vorwiegend aus dem Staubüberzug stammt, der in der vorhergehenden Trockenzeit die Felsen und Bäume, Blätter und Gräser bedeckte.

Ein kleiner Bach bei Jena trug nach einem solchen Gewitterregen in

1 Sekunde	4 cbm Wasser mit	30 kg Flußtrübe
1 Minute	240 cbm „ „	1800 kg „
1 Stunde	14 400 cbm „ „	108 000 kg „
1 Tag	345 600 cbm „ „	2 592 000 kg „

also die Last eines langen Güterzugs aus dem Tal heraus. Und wenn auch riesige Massen ehemaliger atmosphärischer Lufttrübe auf dem Wege von den berechneten Höhen bis zum Flußufer als zarte neugebildete festländische Bodenhaut liegenblieb, so gelangte doch noch ein großer *Überschuß* ins Meer und wurde dort als Meeresboden abgelagert.

Rückblickend dürfen wir sagen: überall wohin ein *Windstoß* gelangt, wird neuer Feinstaub gebildet und mit dem in der Atmosphäre enthaltenen Staub gemischt; überall wohin ein *Regentropfen* fällt, kommt auch ein Teil der Lufttrübe mit herab; und überall wo *getrübtes Regenwasser* über bewachsenen Boden gleitet, werden *neue* Bodenteilchen abgelagert. Dann tritt der Fluß über seine Ufer, überschwemmt die weite Flußaue; zahllose Gräser und Schilfstengel hemmen den Weg des Wassers, und beträchtliche Mengen der Flußtrübe fallen zwischen den dichten Pflanzenvereinen zu Boden, und wenn die Aue nach dem Hochwasser wieder abtrocknet, dann ist eine neue dünne Schicht von Auenboden über sie ausgegossen.

Der Staubbrei, der endlich ins Meer hinausgetragen wird, verwandelt sich am Boden der Salzflut in grauen, blauen oder grünlichen Meeresboden, der als schlammige Untiefe aus dem Wasser wieder heraustreten kann und dem Menschen Anlaß gibt, durch Dämme und Deiche das küstennahe Gebiet der Kultur dienstbar zu machen (Abb. 18).

Der ganze Weg, den die Lufttrübe als Regentrübe und Flußtrübe über das Gelände zurücklegt, wird also immer wieder mit zarten Schlammhäutchen bedeckt, und aus dem Böschungswinkel, der Regenmenge und den herrschenden Winden ergibt sich allmählich eine *Gleichgewichtsfläche*. Sie mildert mit ihren sanft gerundeten Kurven das scharf gezeichnete Felsenprofil des Untergrundes und verleiht unserer Landschaft jene sanften Formen, die wir im Gegensatz zu den zackigen Kämmen des Hochgebirges oder den wilden Felswänden der unbewachsenen Wüste überall da auftreten

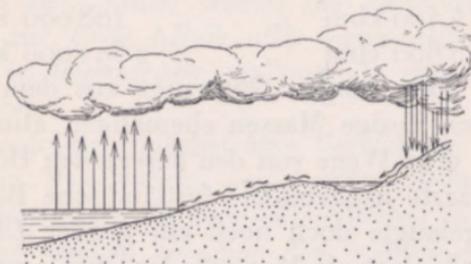


Abb. 18. Der irdische Wasserkreislauf der regenreichen Zonen. Links das verdunstende Weltmeer. Die Luftfeuchtigkeit wandert als Wolkendecke landeinwärts, wo sie zu Regen (oder Schnee) verdichtet herabfällt, über und im Boden talabwärts rinnt, in einem Schaltsee gesammelt wird und weiterfließend wieder ins Meer gelangt.

sehen, wo sich der grüne Teppich des Bodens über das steinige Gerippe der Landschaft legte.

So bildet sich eine Lockerschicht über dem festen Felsengrund, dessen Bruchstücke nun als „*Einschlüsse*“ in einer feinpulverigen *Grundmasse* erscheinen. Sie zeigen uns, welche Gesteine im Untergrund verbreitet sind, und werden durch feinkörniges bis kolloidales Material verbunden, das aus ganz verschiedenen Gebieten stammt, in der Atmosphäre gemischt und über das Gelände ausgebreitet wurde. Vegetationsdecken haben es festgehalten, haben es durchwurzelt und durch ihren Stoffwechsel im Laufe der Jahre chemisch und physikalisch so verändert, daß dieses Gemisch zum *Ab-bilde des Bodenklimas* wurde.

13. Grundmasse und Einschlüsse.

Wenn wir von dem tiefgründigen schwarzen Boden der Magdeburger Börde, gegen die Berge des Unterharzes vordringend, über den fruchtbaren Feldern der Ebene und der grünen Aue die Kartoffeläcker der Schieferberge aufsteigen sehen, dann beobachten wir nicht nur einen Wechsel in der Farbe des Bodens, sondern zugleich einen solchen seines inneren Aufbaues und lernen unterscheiden zwischen der krümeligen Grundmasse und den darin auftretenden Einschlüssen. Die letzteren bestehen meist aus Bruchstücken des darunter anstehenden Gesteins, und der schmutzige Überzug dieser harten Steinbrocken läßt uns vermuten, daß durch allmähliche Verwitterung ihrer Oberfläche die weiche Grundmasse entstanden sei. Aber wir brauchen nur solche Einschlüsse in Wasser abzuspülen oder nach einem Regentag zu sammeln, um uns darüber klarzuwerden, daß Grundmasse und Einschlüsse von verschiedener Natur sind.

Die Einschlüsse und die gröberen Teile der Grundmasse gehören meist zu dem Reich der festen Körper, deren Unterschiede gegenüber dem flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand allgemein bekannt sind.

Die feine Grundmasse des Bodens aber zeigt Eigenschaften, die sich von denen der festen, flüssigen oder gasförmigen Körper grundsätzlich unterscheiden. Man nennt diesen Zustand des Stoffes *kolloidal*.

Wenn man einen festen würfelförmigen Kristall mit einer Kantenlänge von 1 cm und einer Oberfläche von 6 qcm in 1000 Würfelchen von 1 mm Kantenlänge zerlegt, dann bleibt die Masse dieselbe, aber ihre Oberfläche beträgt jetzt 6 qm.

Man kann nun mit geeigneten Hilfsmitteln diese Zerlegung so weit fortführen, daß die einzelnen Teilchen nur ein Mikron (ein Mikron = $\frac{1}{1000}$ mm) groß sind. Dann ist ihre Gesamtoberfläche bei gleichbleibendem Gesamtgewicht und gleicher Masse so ungeheuer gewachsen, daß der vorher „feste“ Stoff, wenn er mit Luft oder Wasser vermischt wird, ganz andere physikalische Eigenschaften erhält. Rauch und Staub, Schaum und Nebel, Emulsionen (ähnlich der Milch),

Wolken, Lufttrübe und Flußtrübe zeigen mehr oder weniger ausgesprochen diesen *kolloiden Zustand*. Da auch alle lebenden und zerfallenden organischen Gewebe in das Reich der Kolloide gehören und die wichtigen Humusstoffe ebenfalls Kolloide sind, ergibt sich für die Grundmasse des Bodens eine Sonderstellung gegenüber den darin verstreuten Einschlüssen.

Die Teilchen der meisten Böden sind teilweise so klein, daß sie alle Eigenschaften einer Masse zeigen, die wir mit dem Ausdruck „Ton“ zusammenfassen. In der Chemie bezeichnet man als „Tonerde“ eine wasserhaltige Verbindung von Sauerstoff und Aluminium; in der Mineralogie kennt man im *Saphir, Rubin, Korund* oder *Schmirgel* kristallisierte Tonerde, und die Verbindung von Tonerde mit Kieselsäure und Alkalien oder Erdalkalien gehört als *Feldspat* zu den wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien. Aber die in Wasser quellende, beim Trocknen schrumpfende, bildsame und leicht verschiebbare Masse, die man *in der Geologie als Ton bezeichnet*, hat mit den chemischen und mineralogischen Körpern, die wir eben nannten, nichts zu tun, und nur in diesem geologischen Sinne können wir die Grundmasse des Bodens als „tonig“ bezeichnen.

Ihre Entstehung als ein Gemisch ganz verschiedener Stoffe, die aus dem kosmischen Raum, dem Steinreich, dem Weltmeer und der Organismenwelt stammen, haben wir im vorigen Abschnitt geschildert und dabei gesehen, wie die in der Atmosphäre treibenden, feinpulverigen Massen bei ihrem Aufsteigen bis zur Stratosphäre beständig gesiebt werden, so daß in den höchsten Höhen nur noch jener Feinstaub schwebt, dessen Durchmesser ungefähr ein Mikron (= 0,001 mm) beträgt.

Fallen solche kolloidal zerteilte, aus allen möglichen Elementen gemischte Staubmengen zur Erde herab, dann bilden sie den feinen Überzug, der durch den Wind zusammengekehrt und durch den Regen zusammengewaschen, alle Risse und Lücken der steinigen Erdkruste erfüllt und verklebt, und der, indem er Jahrtausende lang weiterwächst und sich *bodenständig verändert, die verschiedenen Bodenarten und Bodentypen erzeugt*.

Wenn wir uns an die Zustände der vom schmelzenden Eis am Schluß der Diluvialzeit freigelegten Landstrecken erinnern, so zeigten sie das Bild (Abb. 9) lebloser Wüsten. Vom Schmelzwasser zerwaschen, vom Sturm gefegt, lagen die Hügel der Grundmoräne, die Sandfächer des Schmelzrandes, die Ebenen der Bändertone und die Schutthalden der Felsengebirge als unbelebte Rohböden am Fuße der Bergländer.

Indem sie von der kolloidalen Lufttrübe bedeckt und zugleich mit dem Samen der Wildpflanzen überstreut wurden, *begann der Boden zu wachsen und zu leben*. Er umschloß die herumliegenden Gesteinbrocken des Untergrundes, die nun als Einschlüsse in ihm verteilt, auf steinigem Äckern mehr als die Hälfte der Bodenmasse bilden, aber in den Niederungen gegenüber der feinkörnigen Grundmasse verschwinden.

Im Laufe der Jahrtausende kamen neue Fremdkörper hinzu, deren Herkunft lehrreiche Zusammenhänge erkennen läßt:

Von oben stammen die Sandkörner, die aus den Dünen der Küste oder vom Ufer der Urströme über das anliegende Land geweht wurden, ebenso wie die Felsbrocken, die ein Bergsturz über das Gelände streut.

Gelegentlich finden wir auch den mit einer schwarzen Schmelzrinde bedeckten Rest eines fallenden *Meteors* im Boden. Wenn wir ihn aufschlagen, können wir die graue körnige Struktur eines Steinmeteoriten von dem kristallinen nickelhaltigen Eisen eines Eisenmeteoriten unterscheiden.

Von der Seite sind die Lesesteine herbeigetragen worden, die aus dem Quellgebiet diluvialer und postdiluvialer Flußläufe stammen. Leicht können wir die bodenfremde Natur solcher Rollstücke durch den Vergleich mit den bodenständigen Gesteinen des Untergrundes feststellen und den Weg verfolgen, den einst das Wasser genommen hat.

In viel größerem Umfang und über größere Flächen sind bodenfremde *erratische* Blöcke, Felsstücke und Gerölle durch diluviale Gletscher getragen worden, die das Eis im hohen Norden abhob und bis in das Herz von Mitteleuropa ver-

frachtete. Da sehen wir die graugebänderten Gneise von Norwegen, die roten, leicht zerbröckelnden Rapakivigranite der Aalandsinseln, die kambrischen Tonschiefer und silurischen Kalksteine von Mittelschweden, die Feuersteine der dänischen Kreide und die Basalte von Schonen. Dieses bunte Felsgemisch nach Herkunft und geologischem Alter zu unterscheiden, bietet für jeden Bewohner des norddeutschen Flachlandes eine fesselnde Aufgabe.

Andere steinige Einschlüsse im Boden stammen *aus der Tiefe* des darunterliegenden Felsgrundes und sind durch die Bodendecke nach oben gewandert.

Wenn die Pflugschar an einen unter dem Boden liegenden Felsblock stößt, dann wird er um einen kleinen Betrag gehoben. Im Laufe der Jahrzehnte aber wird der Stein zum Hindernis für den Ackerbau und „wächst“ aus dem Boden heraus.

Kleinere Steine steigen empor, wenn sich ihre Oberfläche mit einer zarten Eisrinde bedeckt und die Steinbrocken im Boden schrittweise emporhebt, bis sie auf seiner Oberfläche als *Lesesteine* erscheinen. Je dünner die Decke der Grundmasse, je zahlreicher die darin eingefügten Lesesteine sind, desto rascher kann sich der kartierende Geologe und der Naturfreund ein Bild vom geologischen Aufbau des Untergrundes seiner Heimat machen.

Hierbei können ihm die *Gesteine* selbst nur wenig aussagen gegenüber den in ihnen erkennbaren *Fossilien*.

Als die Überreste vorzeitlicher ausgestorbener Pflanzen- und Tierarten, die, wie wir früher sahen, in gesetzmäßiger Folge in den sich überlagernden Gesteinen enthalten sind, bieten sie das wichtigste Hilfsmittel, um sich nicht nur über die geologische Bildungszeit des Untergrundes, sondern auch über seinen Aufbau, seine Wasserführung und seine Bodenschätze zu orientieren. So gehört das Studium dieser meist unscheinbaren Abdrücke und Versteinerungen zu den wichtigsten Aufgaben für jeden, der nicht nur den Oberboden, sondern auch den Untergrund seiner Heimat kennenlernen will.

Gegenüber den im Boden enthaltenen organischen Fossi-

lien spielen die unorganischen *Mineralien* eine ganz untergeordnete Rolle für eine zeitliche Einordnung.

Wohl sieht man in den Böden größerer Granitgebiete die glänzenden Schüppchen des Glimmers (Katzengold). Die Granite des Tepeltales verwittern zu grobem Sand, in dem die harten Feldspatkristalle der Karlsbader Zwillinge verstreut sind.

In der Umgebung vieler Basaltberge sieht man in dem aus der Verwitterung vulkanischer Aschen hervorgegangenen braunen Boden die schwarzen glänzenden Kristalle der Hornblenden. Die böhmischen Granaten liegen als Einschlüsse in alten Verwitterungsdecken, und auch die Goldkörner in den sandigen Flußablagerungen des Rheins und die Bernsteinstücke im Sandboden der Ostseeküste können wir als mineralische Einschlüsse im Boden betrachten. Aber alle diese Seltenheiten treten gegenüber den zahllosen Gesteinbruchstücken zurück, die uns durch ihre *organisch* entstandenen *Fossilien die geologische Entstehungsweise und Bildungszeit unserer Böden* verständlich machen.

14. Die Bodenfarbe.

Wer es versucht, die Bodenarten Deutschlands nach ihren vorherrschenden Farben auf einer Übersichtskarte einzutragen, der sieht vor sich einen Teppich so verschiedenartiger Farbflücke von so wechselndem Umriß, daß es schwer hält, diese scheinbar regellosen Erscheinungen ursächlich zu erklären.

Leichter ist es, in den nordamerikanischen oder russischen Ebenen die allgemeine Verbreitung der Bodenfarben und ihre Abhängigkeit von klimatischen Zonen zu erkennen. Daher ist auch die neuere Bodenkunde, nachdem sie durch amerikanische Forscher in ihren grundlegenden klimatischen Zusammenhängen festgelegt worden war, in Osteuropa weiter ausgebaut worden.

Wenn wir vom Ufer des Schwarzen Meeres gegen Norden vordringen, sehen wir zunächst eine Zone rötlicher Böden, dann folgt ein schwarzer Steppenboden, der nach Norden in

eine graue Bodenart übergeht. Eine breite Waldzone von braunem Waldboden, der oberflächlich ausgelaugt und aschenfarbig (Podsol) geworden ist, geht dann über in die moorreichen dunklen Böden Finnlands, an die sich der Eisboden der Tundra anschließt.

Ein Bodenprofil von der Adria nach der Nordseeküste zeigt uns schon ein wesentlich verschiedenes Bild. Auf den entwaldeten Kalkbergen des Karstgebietes finden wir die Reste eines roten Bodens (Terra rossa) mit Inseln von braunem Waldboden. An den Rändern der Poebene ist der braune Boden oberflächlich entfärbt und podsolisiert. Dann erhebt sich der Alpenbogen, begleitet von der südlichen und nördlichen Zone der Kalkalpen, wo uns zwischen kahlen Felsen die tiefschwarzen Böden der Hochalmen auffallen.

In der Donauniederung treten schon mannigfaltigere Bodenzone auf, bei deren Verbreitung weniger die geographische Lage als der geologische Untergrund und die Form des Geländes entscheidend ist, und erst nachdem wir das deutsche Mittelland durchmessen haben, dessen vielartige Bodenfarben jeder Regel zu spotten scheinen, beginnt in der Niederdeutschen Ebene wieder eine regelrechte Folge verschiedener Bodengürtel, die vom braunen Waldboden zu Mooren, Seemarschen, Wattenschlick und Sanddünen hinüberleitet.

Deutlich erkennen wir bei einem solchen Vergleich den Einfluß der Gebirgshöhe und der Meeresnähe auf die Bodenart.

Nur selten haben wir Gelegenheit, die Farbe der niedersinkenden Lufttrübe zu beobachten. Aber bisweilen werden die weißen Flächen der Hochalpen mit *rötlichem* Staube überweht, dessen Windbahn durch „Blutregen“ von Afrika bis nach Skandinavien leicht (Abb. 19) verfolgt werden kann.

Wenn die Pollen ausgedehnter Kiefernwälder reifen, dann fällt *gelber* „Schwefel“ regen aus der Luft herab, und ein aufmerksamer Beobachter könnte noch andere Farben im fallenden Luftstaub auch in Deutschland nachweisen, die in anderen Ländern der Erde in großartigem Maßstab beobachtet werden. Wenn der gefürchtete Kamsin in Ägypten weht, dann wirbelt *dunkelgrauer* Nilschlamm durch die Luft, und in Oberägypten verhüllt dieser aus dem Hochgebirge von

Abessinien stammende Staub wie eine *schwarze* Wolke tagelang die Landschaft.

Feiner *gelber* Lößstaub zieht in riesigen Wolken über die Halbwüsten bei Samarkand und gehört in China zu den häufigsten Naturerscheinungen.

Der *silbergraue* Gangesschlamm, der aus den Höhen des Himalaja herabgetragen wurde, treibt in undurchsichtigen Staubwolken über die bengalische Tiefebene, und in der mit

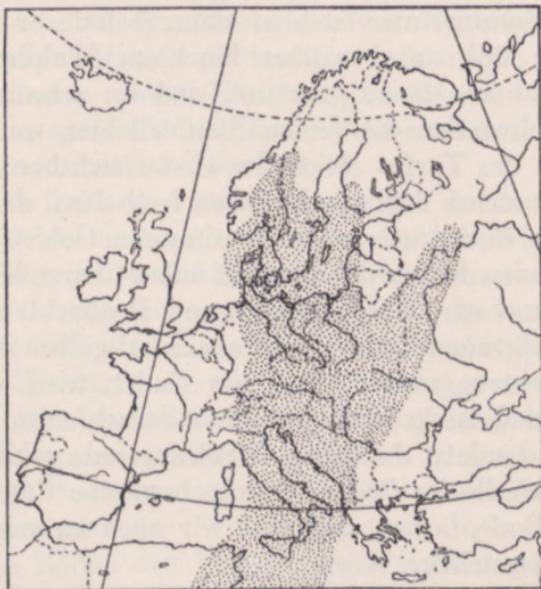


Abb. 19. Der Weg eines roten Staubsturms, der im März 1901 von Nordafrika über das Mittelmeer bis nach Norwegen verfolgt werden konnte.

roten Lateritdecken überzogenen Goldwüste von Westaustralien erheben sich unheimlich *rote* Staubwolken in große Höhe.

Man sollte glauben, daß der von diesen verschieden gefärbten Staubarten erzeugte Bodenniederschlag die Farbe seiner Heimat behielte. Aber wir müssen uns erinnern, daß in der Atmosphäre aus allen diesen verschiedenartigen Staubarten eine *Staubmischung* entsteht, deren Bestandteile um so feinkörniger werden, in je höheren Schichten sie dahin treiben.

Der Feinstaub, der aus diesem Gemisch dann bodenbildend

wieder herunterfällt, besteht aus so kleinen Massenteilchen mit einer so riesigen Oberfläche, daß die *Eigenfarbe des Stoffes* immer mehr zurücktritt.

Sobald die *Luftrübe* als *Regentrübe* herunterfällt und am Boden festklebt, wird sie nicht mehr von dem Bodenklima ihres fernen Entstehungsortes, sondern von dem ihrer neuen Heimat beeinflußt und dem dort bodenständigen Material eingefügt. Fällt roter afrikanischer Staub auf die spaltenreiche Oberfläche kahler Kalkberge, die unter dem Einfluß trockener Sommerhitze stehen, dann behält er seine rote Eigenfarbe; fällt er aber über feuchtem Waldboden, dann wird er bald wie dieser gebräunt, und im schwarzen Moorboden verschwinden die feinen Staubteilchen, um erst beim Verbrennen des Torfes als Asche wieder sichtbar zu werden.

Im allgemeinen dürfen wir daran festhalten, daß die heutige *oberste Bodenfarbe* eines bestimmten Gebietes von dem bodenbildenden Klima der daselbst zuletzt herrschenden Umstände bedingt wird. Der aufmerksame Beobachter, der unter einer dunkelgrauen Oberschicht einen hellgelben Unterboden und dann einen grauen Bänderton findet, wird also daraus schließen, daß zunächst hier grauer Seeschlamm, dann gelber Löß und zuletzt dunkelgraue Schwarzerde gebildet wurde.

Die *innerhalb des Bodens* durch chemische Entartung entstehenden Bodenfarben sind, wie wir noch zu zeigen haben, anders zu verstehen.

Unsere deutschen Böden werden, je nach Breite und Lage, Pflanzendecke und Wassernähe, hauptsächlich durch zwei Farbmittel bestimmt, die beide im kolloiden Zustande auftreten und daher nur selten als oberflächliche Krusten erscheinen, vielmehr die kleinen Teilchen der Bodengrundmasse so innig durchtränken, daß sie die Bodenfarbe dauernd bestimmen.

Es ist einerseits das große Heer der *Humusstoffe*, deren Mannigfaltigkeit dem Chemiker schwierige Rätsel bietet und die selbst in großer Verdünnung den Boden noch grau, braun oder schwarz färben.

Dunkle Humuslösungen bildeten sich in den Böden Südrußlands und verwandelten den feinkörnigen Schlamm in eine

schwarze, überaus fruchtbare Erde. Der Zug dieser *Schwarzerde* bildet in der Ukraine eine riesige Fläche, verschmälert sich nach Westen und verliert sich auf deutschem Gebiet in vereinzelt Inseln (Abb. 8).

Jede unter dem Einfluß des Grundwassers stehende Senke im Flachland wie im Hügelland erfüllt sich bald mit zerfallener *Moorerde*, und selbst auf den kahlen Höhen unserer Kalkgebirge treffen wir die „Rendzina“, eine innige Verbindung von Humus- und Kalkabscheidungen, die ich wegen ihrer tief-schwarzen Farbe mit dem deutschen Wort *Rußerde* bezeichne.

Ebenso rasch wie sich die von Humuslösungen getränkten Böden schwärzen, werden sie durch die Wurzeln der Waldbäume wieder entfärbt, und so entsteht im Laufe der Jahrhunderte ein wechselndes Farbenbild.

Eine zweite Reihe von Bodenfarben wird durch die wasserhaltigen *Eisenverbindungen* bedingt, die in Südeuropa das leuchtende Rot, in Deutschland das weitverbreitete Braun und in manchen Grenzgebieten ein fahles Gelb erzeugen.

Das vielgestaltige Gelände des mitteleuropäischen Landes, von dessen Oberfläche die zarten Niederschläge der Lufttrübe und Regentrübe dauernd in die Tiefe gleiten, bedingt es, daß auf kleinen und großen Flächen *der geologische Untergrund* zutage tritt und seinerseits das bunte Mosaik der Bodenfarben vermehrt.

Unter den Böden der Vorzeit, deren Aufeinanderfolge im Laufe der Erdgeschichte wir im Abschnitt 3 nur andeuten konnten, spielen, vom bodenkundlichen Standpunkt aus betrachtet, vier häufig wiederkehrende Gesteinarten die wichtigste Rolle:

1. Zunächst die *Tongesteine*, die schon bei ihrer Bildung aus feinpulverigem Material entstanden und, wenn sie nicht später verhärteten, an der Tagesoberfläche leicht wieder zu feinpulverigem Boden zerfallen.

Diese Tone, Schiefertone, Letten und Mergel können ebenso hochrot gefärbt sein wie die Roterde südlicher Breiten; sie treten in grauen und blauen, braunen und schwarzen Tönen auf und bestimmen nach Jahrtausenden wieder die Farbe des Landschaftsbildes.

Der rote Rötboden in Thüringen, der schwarze Boden des „schwarzen Jura“ in Franken, die grünen Glaukonitböden Westfalens, die schwarzen Kohlenletten und das weiße Kalkpulver der oberen Kreide bis zu dem gelben diluvialen Löß spielen eine so große Rolle im Landschaftsbilde einzelner Gaue, daß man von diesen Bergländern wohl sagen darf: *die Bodenfarbe wird durch das bodenständige Gestein bestimmt.*

2. Eine zweite Gruppe weitverbreiteter Gesteine der Vorzeit bilden die *Sandsteine*, die oft verkittet, bisweilen aber noch heute zerreiblich, in mächtigen Schichtenfolgen von roter, grauer, gelber oder weißer Farbe auftreten und bei ihrer Verwitterung wieder in zahllose kleine Quarzkörner zerfallen. Auch hier spielt die ursprüngliche Farbe der den Boden unterlagernden Sandsteine für die Färbung der Bodenart eine entscheidende Rolle.

Zu sandigem Grus zerfallen auch die in unseren Gebirgen auftauchenden *Granitdome* und bilden, obwohl in dem Urgestein kalireicher Feldspat und dunkle Eisenmineralien eine große Rolle spielen, in der Regel einen sehr armen Boden. *Tongesteine* erhöhen die Fruchtbarkeit des darauflagernden Bodens, während die *reinen Kalksteine*, in der Regel als „Skelett“ in der Grundmasse verteilt, dessen Eigenschaften nur mittelbar beeinflussen.

Je spärlicher die feinpulverige Grundmasse zwischen dem Skelett verwitterter Gesteinbrocken wird, desto mehr wird die Bodenfarbe von diesen bestimmt. So fallen uns im gefalteten Schiefergebirge die flachen Scherben grauer Schieferstückchen oder die weißen Brocken von Gangquarzen auf; grüne Glaukonitgesteine des Untergrundes färben die Böden bei Essen, schwarze Rußschiefer und zerfallende Grünsteine sind in den Böden des Vogtlandes weitverbreitet.

Man hat früher vielfach angenommen, daß nicht nur die Einschlüsse, sondern auch die Grundmasse aller Böden durch bodenständige Verwitterung ihres Untergrundes entstanden seien, und hat gemeint, daß ein feinermahlendes Pulver von Gesteinen, in denen Kali oder Phosphor enthalten waren, als Düngemittel zur Verbesserung der Böden verwendet werden

könne. Aber man bedachte nicht, daß diese nährstoffhaltigen Mineralien erst durch langjährige chemische Verwitterung aufgeschlossen und in kolloidale Teilchen zerlegt werden müssen, bevor sie den Boden und die auf ihm wachsenden Pflanzen befruchten können. Man sagt aber mit Recht, daß das Regenwasser die Wiese ernährt und daß sogar der Schnee düngt. Denn hier sehen wir den Einfluß uralter Vorgänge der Verwitterung, Abwehung, Abspülung, Mischung und erneuten Niederschlags kolloidaler Massen.

15. Bodenwasser und Grundwasser.

Nach Verbreitung und Bewegungsform können wir in und auf unserer Erde drei verschiedene Wasserarten (Abb. 18) unterscheiden.

Am besten bekannt sind uns die Wassermengen, die *über der Erdoberfläche* als Meer, See und Fluß, als Schneedecke und Gletschereis durch die atmosphärischen Kräfte dauernd hin und her bewegt werden. Man nennt sie: *Tagewasser* oder *Vadose* (*vadere* = wandern). Sie werden nicht nur durch die Schwerkraft von Berg zu Tal befördert, sondern steigen durch Sonnenkraft als Wasserdunst wieder in die Atmosphäre hinauf, treiben als Nebel und Wolken in verschiedenen Höhen dahin und fallen als Regen, Graupeln, Hagel oder Schnee wieder herunter.

So schließen sie den wohlbekanntem *Wasserkreislauf*, der je nach dem herrschenden Klima die dauernden Regengüsse des *pluvialen* Tropenlandes, die seltenen Ruckregen der *ariden* Wüste, die regelmäßig wiederkehrenden Regenperioden der gemäßigten *humiden* Zone und die Schneefälle des Winters sowie des *nivalen* Polargebietes und der Hochgebirge bedingt.

Während das Wirbeln des Schnees und das Treiben der Wolken uns erkennen läßt, daß die Schwerkraft bei den Bewegungen der *Vadose* nicht die einzige Rolle spielt, zeigt uns der Regen den kürzesten Weg von den Höhen der Atmosphäre nach der Bodenoberfläche an, und man glaubt vielfach, daß die fallenden Wassermengen diesen von der Schwere

vorgezeichneten Weg auch weiter fortsetzen, wenn sie in den Boden eingedrungen sind.

Aber die genaue Beobachtung des *Boden- oder Felsenwassers*, der Lithose (Lithos = Stein), läßt uns leicht erkennen, daß andere Kräfte diese unterirdischen Wassermengen bewegen. Mag das Wasser auch in offenen Felsenspalten einmal rasch in die Tiefe stürzen, so dringt es doch in unzerklüftete Felsmassen in anderer Weise ein. Im kolloidalen Feinstaub der Bodendecke und noch mehr im Felsenbau des Untergrundes wird das Wasser durch Molekularkräfte weiter bewegt, die von der Schwerkraft unabhängig sind. Absteigende, seitliche und aufsteigende Wasserbewegungen kreuzen sich auf ihren Wegen, und je tiefer wir in das Felsgerüst der Erde hineindringen, desto mehr wird die Schwerkraft bei der Wasserverteilung durch andere Umstände verändert.

Wir beobachten, wie mit je 30 oder 50 m Tiefe die Temperatur des Wassers um 1° C zunimmt, bis vulkanische Dämpfe mit Temperaturen von über 100° C aus den größten Tiefen aufsteigen. So dringen wir allmählich in das Reich des neu entstehenden „juvenilen“ Wassers oder der *Eruptose* ein (Eruption = Ausbruch), die nicht so sehr durch die Schwerkraft von oben nach der Tiefe, sondern durch den Dampfdruck *von unten nach oben* bewegt wird.

Diese drei Wasserarten entstanden schon in den ältesten Zeiten der Erdbildung, als sich die erste Erstarrungskruste um den vorher glühenden Erdstern legte. Damals schieden sich zuerst die Wasser in Vadose, Lithose und Eruptose.

Zahllose Übergänge verbinden diese Wasserarten miteinander. Wenn Regen im Boden versickert, verwandelt sich Vadose in Lithose, wenn Wasserdampf aus dem Boden aufsteigt und sich als Tau niederschlägt, sehen wir den umgekehrten Vorgang, und wenn bei einem Vulkanausbruch durch elektrische Entladungen in der aufsteigenden Dampfwolke die heißen Gase verflüssigt werden und als kolloidaler Brei von Asche und Wasser an den Abhängen des Vulkans herabgleiten, sehen wir, wie Eruptose in Vadose verwandelt wird.

Wenn wir bedenken, daß auf einem Globus von Manneshöhe die Wasserhaut des Meeres (bei einer durchschnitt-

lichen Tiefe von 3500 m) nur etwa $\frac{1}{2}$ mm dick sein würde, wenn wir Beweise dafür haben, daß die Ozeanbecken der Altzeit eine viel geringere Tiefe besessen haben müssen und die großen Tiefseegebiete erst während der geologischen Mittelzeit entstanden sind, so können wir von einer *beständigen Vermehrung der oberflächlichen Vadose aus den Wasservorräten der unterirdischen Eruptose* sprechen.

Die an der Erdoberfläche zutage tretenden *Quellen* bilden den Überschuß der vadosen, lithosen oder eruptosen Wasservorräte und zeigen uns zugleich eine Reihe von Eigenschaften, die für diese verschiedenen Arten des irdischen Wassers bezeichnend sind:

Die *vadosen Quellen* sind in ihrer Temperatur und Ergiebigkeit von den Jahreszeiten abhängig. Selbst wenn sie einige Monate brauchen, um ihren Weg durch die obersten Bodenschichten zu vollziehen, können wir an ihrem Verschwinden nach einer Trockenzeit (Hungerquellen), an ihrer gesteigerten Wasserführung nach stärkeren Niederschlägen und an ihrer wechselnden Temperatur die mittlere Wärme der Jahreszeiten ablesen. Sie *verunreinigen* sich leicht durch die Regentrübe und die Keime bodenbewohnender Bakterien und haben daher nur geringe wirtschaftliche Bedeutung.

Obwohl es mancherlei Übergänge gibt, die uns zeigen, daß Quellen aus jeder beliebigen Tiefe der Erdrinde aufsteigen können, zeichnen sich doch *die lithosen Quellen* durch eine, das ganze Jahr in engen Grenzen schwankende Ergiebigkeit aus. Auch ihre Temperatur hält sich an einen Mittelwert, und ihr Wasser wurde beim Durchtritt durch lockere oder poröse Gesteinmassen so filtrierte, daß man es hygienisch als *keimfrei* betrachten darf. Ihre Temperatur entspricht derjenigen der Gesteinszone, aus der sie stammen, und ihr chemischer Gehalt stammt aus der Zeit, wo sie jahrelang in Gesteinmassen langsam dahinsickerten, aus denen sie Kalk oder Gips, Salz oder Eisenverbindungen auflösen konnten.

Eine Sonderstellung nehmen die im Boden großer Flußauen langsam dahingleitenden Auenwässer ein, denn sie werden durch den feinkörnigen Boden beständig filtrierte, sind meist unabhängig von den jahreszeitlichen Niederschlägen

und können nur von oben her durch austretendes Hochwasser des Flusses verunreinigt werden (Abb. 15, 22).

Die aus den größeren Tiefen der Erdrinde stammenden *eruptosen Quellen* zeigen gleichmäßige Temperaturen, die höher sind als die mittlere Wärme der Gegend. Sie können chemisch rein oder mit allerlei Verbindungen beladen sein, die aus den Dämpfen des glühenden Magmas stammen. Auf ihrem oft langen Weg durch die Erdrinde wurden alle die Bestandteile ausgefällt, die nur bei höheren Temperaturen gelöst blieben. Oft nehmen sie aber auch unterwegs neue Bestandteile in sich auf. Sie entspringen meist in Talrinnen, die durch *Erdspalten* vorgezeichnet sind, und die Mehrzahl unserer Heilquellen und Thermen tritt mit starkem Gasauftrieb sprudelnd zutage.

Diese verschiedenen Wasserarten haben natürlich auch die obersten Bodenschichten durchschritten, bevor sie sichtbar werden, und können im Lockerboden Verunreinigungen erfahren haben, die man abschirmen kann, wenn man die Quelle „faßt“.

Viel mehr Quellen, als uns oberflächlich sichtbar werden, treten im Flußbett, unter Schuttdecken oder pflanzenbewachsenen Mooren und Wäldern zutage. Auch sie vermehren die Menge der oberflächlichen Vadose, nachdem sie in der Bodendecke verrieselten.

Ehe wir uns mit den im kolloidalen Oberboden enthaltenen Wässern beschäftigen, müssen wir noch etwas eingehender die *Gewässer des tieferen Untergrundes* betrachten, die bei Brunnen oder Schachtanlagen zutage treten und sich dann wie die Tagewässer verhalten. Denn es ist bezeichnend für alle an der Oberfläche der Erde umherwandernden Wassermengen, daß sie völlig unter dem Einfluß der Schwerkraft stehen und eine obere geschlossene *Wassergrenze* erkennen lassen, die wir als *Grundwasserspiegel* bezeichnen. Sein Steigen und Fallen gilt als Ausdruck eines auch in den umliegenden Gesteinen und Lockermassen seitlich in derselben Höhe weiterreichenden „Wasserhorizontes“. Man spricht von Grundwasserströmen und denkt dabei an das Bild eines in schmaler oder breiter Rinne dahinströmenden Flusses. Man spricht von „Grund-

wasserbecken“ und vergleicht sie mit der scharfen Grenze, die einen vadosen See von seinem Ufer, seinem Grund und der darüber lagernden Atmosphäre scheidet. Man glaubt, daß sich die rundliche Mündung einer Quelle in einen eben-solchen unterirdischen Kanal fortsetze, man spricht von „Wasseradern“ und überträgt dabei Vorstellungen, die man dem hydrographischen Bild der Erdoberfläche entnommen hat.

Wir müssen demgegenüber betonen, daß der Grundwasserspiegel, die scharfen Grenzen eines Quellaustrittes und auch die nach Sekundenmetern zu bestimmende Ausflußgeschwindigkeit von natürlichen oder erbohrten Quellen *nicht der Wasserverteilung in der Erdrinde* entsprechen.

Wie jedem Geologen wohlbekannt ist und wie sich jeder Beobachter an natürlichen oder künstlichen Aufschlüssen, bei Wegebauten, in Steinbrüchen oder Bergwerken, leicht überzeugen kann, besteht die Erdrinde aus Gesteinkörpern von dichtem, wasseraufnehmendem Feinbau, und die Grenzen dieser Gesteinkörper sind ebensowenig breite klaffende Spalten wie die feinen Klüfte, die fast alle Gesteine nach bestimmten Richtungen durchziehen.

Wo solche Klüfte in größeren Tiefen durch tektonische Bewegungen der Erdrinde (Erdbeben, Gebirgsbildung) als offene Spalten geöffnet wurden, da werden sie meist rasch durch zerriebenes Gesteinpulver (Besteg) oder chemische Ausscheidung (Gang) wieder zugefüllt. Diese größeren Spalten und offenen Adern sind also nicht die Träger des unterirdischen Wassers, sondern dieses ist mit dem Gestein selbst so innig verbunden, wie die Säfte eines Baumes mit dessen Holzkörper, und es kommt ganz auf den in der betreffenden Zone herrschenden Druck an, ob das dadurch *gespannte Gesteinwasser* langsam oder rascher in ein neu erbohrtes Bohrloch hineingepreßt wird. Nur da, wo unterirdische Wässer von verschiedener Spannung aneinandergrenzen, vollziehen sich langsame Bewegungen der Bergwässer.

Wenn wir uns ein hohes Gebäude vorstellen, das von dem Röhrensystem einer Sammelheizung durchzogen wird, so erfolgt in diesem, auf viele Stockwerke verteilten Wasservorrat zwar ein langsames Aufsteigen vom Heizkessel bis nach

dem obersten Stockwerk und ein ebenso langsames Herabsinken bis zum Keller, aber nirgends strömt dieses *unter hohem Druck stehende* Wasser mit größerer Geschwindigkeit. Nur wenn wir das Röhrensystem irgendwo anbohren, spritzt das Wasser mit starkem Strahl heraus.

In derselben Weise öffnet jedes Bergwerk und jede Tiefbohrung eine Ausflußstelle für die dort *ruhende, gespannte Wassermenge*, und die Ausflußgeschwindigkeit, die wir jetzt messen können, ist nur der Ausdruck der Menge der dort lagernden Wasservorräte und ihrer von Ort zu Ort wechselnden unterirdischen Spannung.

Der Felsbau der Erdrinde besteht, wie wir mehrfach schilderten, aus einer regelmäßig übereinanderlagernden Folge verschieden dichter Gesteine, deren Porenvolumen daher ganz verschiedene Mengen von Wasser festhalten kann.

Besonders die aus kolloidaler „Tonmasse“ bestehenden Gesteinarten speichern große Wassermengen und wirken dann als *Wasserträger* für die darüberliegenden lockeren Felsmassen.

Neben diesen ursprünglichen Lagerungsformen beobachten wir aber in jedem Bergwerk kleine und große *Spaltensysteme*, die mitten durch die Schichtenfolge hindurchziehen und, obwohl sie meist nur dünne Felsenrisse sind, doch die Wasserführung des benachbarten Gesteins stark beeinflussen.

So sammeln sich bald hier, bald dort größere *Wasservorräte* innerhalb der Erdrinde, wandern Jahrtausende hindurch von einer Zone zur anderen, können durch unterirdische Hohlraumbildung, Zerrung oder Zusammenpressung hier gesteigert, dort vermindert werden und bieten dem Hydrologen oft unlösbare Rätsel.

Man kann diese *Wasserhorizonte der Tiefe* nicht mit dem Grundwasser unter der Erdoberfläche vergleichen, denn sie sind meist unabhängig vom Gang der Jahreszeiten und den wechselnden Niederschlägen. Aus ihnen entspringen die Quellen mit gleichbleibender Ergiebigkeit, aber es gehört eine genaue Kenntnis des Schichtenbaus der Gegend dazu, um ihre Wasserführung zu verstehen und durch künstliche Eingriffe zu beeinflussen.

Ganz andere Umstände beherrschen die Wasserführung der obersten Bodenschicht, die aus feinkörnigen und kolloidalen Teilchen besteht. Auf die von unten herantretenden lithosen Wässer und die von oben kommenden vadosen Niederschläge wirken andere physikalische Kräfte ein, und statt der Schwerkraft bestimmen Porenvolumen, Kapillarität und Adsorption die Bewegungen des Bodenwassers.

Um die Eigenart der Wasserbewegung innerhalb der Bodendecke zu erläutern, gehen wir wieder vom unbewachsenen Boden aus, bei dem die kolloidale Beschaffenheit der Bodenteilchen auch im Wechsel der Jahreszeiten ausschlaggebend ist:

Die während des Winters als Schnee über dem Boden gespeicherten vadosen Tagewässer können, solange sie gefroren sind, nicht in ihn eindringen. Auch chemische Vorgänge können sich in dem festen Wasser nicht vollziehen. Aber physikalisch drängen die kleinen Eisteilchen alle erdigen Bestandteile auseinander und lockern den Boden, soweit der Frost reicht. Obwohl diese Auflockerung nur einen kleinen Teil der Bodenmasse erfaßt, so entsteht doch nach dem Tauen ein zäher Brei (Fließerde), der sich, der Schwerkraft folgend, an allen Abhängen abwärts bewegt, bis er in der Flußau von dem austretenden Strom erfaßt und horizontal ausgebreitet wird.

Die Regen des Frühlings setzen diese Bewegung fort, und der Boden bleibt zuletzt in der Gleichgewichtsform stehen, die ihm die Schwerkraft vorgezeichnet hat.

Das chemisch reine, aber durch die Kohlensäure der Luft lösungskräftig gewordene Schnee- und Regenwasser beginnt alle leichtlöslichen Bodenbestandteile in sich aufzunehmen und den Boden von oben her auszulaugen. Je tiefer die Trockenheit in den Boden hineindringt, und je mehr die feuchte Zone nach unten wandert, desto mehr reichern sich die Lösungen an, und diese *Einwitterung* kann bis in große Tiefe hinabdringen. Das alles ändert sich bei Beginn der warmen Jahreszeit:

Je wärmer die Sonne scheint, desto stärker verdampft das Bodenwasser, aber wir können es in der warmen Bodenluft nicht mehr unterscheiden; nur am kühlen Morgen steigen

zarte Nebelschwaden empor. Der Boden trocknet ab; überall entstehen pulverige Körner, kleine Risse zerlegen die Bodenoberfläche und dringen mit jeder regenlosen Woche tiefer. Durch den aufgelockerten Boden kommt die atmosphärische, sauerstoffreiche Luft in die tieferen Zonen des Bodens hinab und wird von der Oberfläche aller kolloidalen Teilchen begierig festgehalten.

Die Lösung des Bodenwassers aber reichert sich bei seinem Abwandern in die Tiefe immer mehr an, und während die Oberschicht ausgelaugt wird (*Aschenboden* oder *Podsol*),

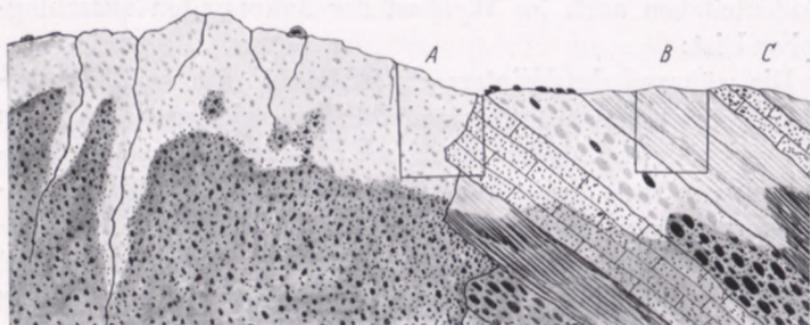


Abb. 20. Eine Verwitterungsdecke hat von oben bis in verschiedene Tiefe eine, links aus Porphyr, rechts aus Konglomeraten, Sandsteinen und feinkörnigen Letten aufgebaute Schichtenfolge, chemisch verändert und vertont. Einzelne unverwitterte Kerne sind noch im Porphyrtön erhalten; bei *A* würde eine Tongrube neben guter Porzellanerde härtere Sandsteinbänke treffen; weiter nach rechts blieben härtere Gerölle aus einer Konglomeratbank übrig. Die Tongrube *B* zeigt gleichmäßig verwitterte Letten, die bei *C* wieder in eine sandreiche Masse übergeht.

kommt es zur Ausscheidung der gelösten Stoffe in tieferen Horizonten.

Ob es sich hierbei um die Ausfällung von gelöstem Humus, von zarten Kalklösungen oder von gelben und braunen Eisenverbindungen handelt, ob der neu entstehende *Bodenhorizont* sich nur durch seine Farbe oder auch durch seine Härte nach oben und unten abgrenzt, immer handelt es sich um den gleichen Vorgang.

Was sich bei uns nur in kleinen Unterschieden des Bodens äußert, das nimmt in anderen Klimazonen (Abb. 20) unter schärferen klimatischen Gegensätzen überraschende Formen an.

In der Umgebung des (neuerdings als Flugplatz oft genannten) Port Darwin in Nordaustralien fallen im Januar und Februar über 2 m warmen Regens. Sie haben alle eisenreichen Gesteine durch Einwitterung 15 m tief chemisch verändert, so daß unter einer rotbraunen Eisenkruste eine weiße Tonmasse entstand. Wenn dann die trockene Jahreszeit einsetzt, werden die darin gelösten Eisenverbindungen nach oben abgesaugt und hier als harte Kruste ausgeschieden.

Ähnliche Vorgänge in der Vorzeit Deutschlands bildeten in den antediluvialen Böden die seltsamen Verkiezelungszonen (Knollensteine) und die kalkigen Lößpuppen.

In Ungarn und Südrußland versalzen und vergipsten während des trocknen Sommers durch Auswitterung weite Landflächen. In Afrika bedecken gelbe Kalkausscheidungen, braune oder schwarzglänzende Eisenkrusten die hellfarbigen Gesteine (Dunkelrinden) und geben dem Landschaftsbild seinen abschreckenden Charakter.

Das verhältnismäßig einfache Bild der Wasserbewegung im lockeren Erdboden unter dem Einfluß von Niederschlag und Verdunstung, Kälte und Hitze wurde dadurch verwickelt und in neue Formen geprägt, daß die anfangs unbewachsenen „Urböden“ der Diluvialzeit schon nach kurzer Zeit von einem bunten Gemisch der verschiedensten Pflanzensamen überstreut wurden, die, je nach dem bodenständigen Kleinklima, ein ganz verschiedenes Schicksal hatten.

Der größte Teil von Deutschland überzog sich nach dem Schmelzen der Eisdecken mit Wäldern, in denen im Norden die *Nadelhölzer*, im Süden die *Laubbäume* vorherrschten, während sich dazwischen auf dem Lößboden eine *Savannenflora* entwickelte, die in den Flußniederungen aus Gras- und Schilfbeständen, im Hügelland, je nach der Lage und Bodenbeschaffenheit, aus Heide oder *Steppe* mit vereinzelt *Inseln von Buschwald* bestand; wo aber der Grundwasserspiegel zutage trat, siedelten sich moorbildende *Sumpfpflanzen* an.

Jede dieser Pflanzenformationen wirkte durch die Lebensfähigkeit ihrer Wurzeln in anderer Weise auf den Boden ein und beeinflusste dessen Wasserführung und Stoffwechsel in so mannigfaltiger Weise, daß wir die Verbreitung mancher

Bodenfarben und Bodentypen im heutigen Landschaftsbild nur verstehen können, wenn wir dieses vorzeitliche Pflanzenbild berücksichtigen.

Alle Lebewesen bestehen zum großen Teil aus Wasser, dessen Menge bei Holzgewächsen etwa 50% beträgt, während es bei vielen Kräutern auf 70% steigt. Dieses Wasser unterliegt, wie Abb. 21 zeigt, einem beständigen Kreislauf, indem es von den unterirdischen Wurzeln aus dem Boden aufgenommen, durch Kanäle innerhalb des Pflanzenkörpers bis in die Blätter geleitet wird und hier verdunstet.

Die in einer Pflanzenformation gesellig zusammenlebenden Einzelpflanzen wachsen, kraft ihrer inneren Selbststeuerung, nicht nur nach oben bis zu einer durchschnittlich gleichartigen *Gipfelhöhe*, sondern auch ihr *Wurzelschopf* dringt bis in eine *gleichmäßige Tiefe* nach unten.

Wenn wir eine Wiese schälen, dann heben sich die dicht verfilzten Wurzeln als eine 10 cm dicke faserige Schicht vom krümeligen Boden ab. An frisch erzeugten Waldwegen sehen wir die Baumwurzeln bis zu einer Tiefe von 30–50 cm in den Boden dringen, und wenn ein Wald durch Windbruch verheert wurde, dann erkennen wir, daß auch die Wurzeln der Bäume bis zu einer Tiefe dringen, die bei Nadelwald und Laubwald verschieden, aber innerhalb derselben Baumart einen gleichmäßig auf- und absteigenden Abstand zeigt.

Aus dieser *durchwurzelten Bodenschicht* nimmt jede Pflanze mit Hilfe ihrer zarten Wurzelhaare, die an dem verzweigten Wurzelgeflecht täglich neu herauswachsen und wieder vergehen, die ganze Menge des Wassers in ihren Körper auf, um sie durch die Blätter im gasförmigen Zustand wieder zu verdunsten.

Aber auf diesem Wege werden der Pflanze, im chemisch reinen Wasser gelöst, alle mineralischen Stoffe zugeführt, die beim Verbrennen von Pflanzen zurückbleiben. Diese *Aschenbestandteile* betragen in getrockneten Blättern über 15%, in Stroh 5%, in Kartoffelknollen 4%, in Fichtenholz 0,2% und bestehen im wesentlichen aus gelösten Verbindungen von Kali, Kalzium, Magnesium, Eisen und Schwefel. Eine Reihe von anderen Elementen, wie Natrium, Chlor, Silizium, Aluminium,

werden ebenfalls im Boden gelöst und in kleineren Mengen von den Wurzelhaaren aufgenommen.

Jeder dieser genannten Stoffe ist in minimalen Mengen in den kolloidalen Bodenteilchen enthalten und kann nur als schwache Lösung von den Wurzelhaaren aufgenommen werden. Aber eine *merkwürdige Selbstregulierung* bei der Ernährung und dem Wachstum der Pflanzen nimmt bald den einen, bald den anderen Stoff in größerer Menge auf. Der Kieselgehalt der Gräser ist ein ganz anderer wie derjenige der Waldpflanzen. Der Kaligehalt von Erbsensamen ist doppelt so hoch wie derjenige des Erbsenstrohes. Wie mit zauberhaften Kräften begabt, holen sich also die unscheinbaren kleinen Wurzelhaare, je nach ihrer Vegetationsperiode, nicht nur eine bestimmte Menge von Wasser, sondern auch bestimmte chemische Lösungen, *je nach ihrem augenblicklichen Bedarf, in wechselnder Menge* aus dem Boden und treffen dabei eine *zielbewußte Auswahl* der Bestandteile aus dem *Lösungsgemisch* des Bodenwassers. Im Laufe der Jahre erzeugt der Wurzelfilz unter der Grasnarbe, dem Busch-, Nadel- oder Hochwald *an seiner Unterkante* einen durch Farbe und chemische Zusammensetzung ausgezeichneten *Bodenhorizont*, und wenn der Hochwald gerodet oder eine Grasflur aufgeforstet wird, *ändert sich unter dem Einfluß des neu entstehenden Pflanzenverbandes auch der Aufbau des Bodens*.

Wir sahen, wie das Klima Mitteleuropas während und nach der großen Vereisung mehrfach gewechselt hat, wie das schneereiche Klima des Nordens und das warme Trockenklima des Südens in beständigem Kampfe mit dem bodenständigen Klima des deutschen Mittellandes bald vorrückten, bald zurückwichen, und wie jede dieser allgemeinen Klimaänderungen im einzelnen durch die Lage und das Kleinklima örtlich beeinflußt wurde.

Jede dieser Klimazonen und Klimainseln brachte andere bodenständige Pflanzenverbände mit sich, unter deren Einfluß Bodenfarbe und Bodenaufbau immer wieder geändert wurde, und wenn auf den neuerdings veröffentlichten Bodenkarten die überwiegende Menge der Böden als *nachträglich veränderte* entartete (degradierte) oder ausgebleichte „Typen“

bezeichnet werden, wenn die moderne Systematik also *fast nur veränderte Böden* kennt, so ist dieses der Ausdruck für den beständigen tiefgreifenden Einfluß wechselnder Klimate und wechselnder Pflanzenbestände während der letztvergangenen Perioden der Erdgeschichte.

16. Der Stoffwechsel des Bodens.

Jedes organische Einzelwesen und damit auch die gesamte Organismenwelt der Gegenwart und der Vorzeit unterscheidet sich von den Kristallen und Gesteinen der anorganischen Welt nicht nur durch ihre *chemische Zusammensetzung* aus einer bestimmten kleinen Zahl von Elementen (nämlich: C, H, O, N, S, P, Cl, Ka, Na, Mg, Ca, Fe, Si, Fl, Mn), sondern zugleich durch den wunderbaren *selbstregulierten Stoffwechsel*, der allen Lebensvorgängen zugrunde liegt, der Entwicklung und Wachstum, Reife und Alter begleitet und bestimmt, bis der Tod diesen Wechsel beendet und die absterbenden Stoffe wieder in das Reich der anorganischen Natur hinüberleitet.

Man hat, um die wunderbaren Lebensvorgänge zu erklären, eine besondere *Lebenskraft* angenommen oder an einen *Lebensstoff* geglaubt, dessen Hinzutreten zu den leblosen Elementarbestandteilen den Gang des Lebens ermöglichte.

Man hat, um die Lebensvorgänge zu verstehen, die Pflanze, das Tier und wohl auch den Menschen als eine „Maschine“ betrachtet, die, von Sonnenkräften und durch Nährstoffe in Gang gehalten, sich langsam abnutzt und endlich unbrauchbar wird. Man hat den Lebensprozeß des Menschen mit einer „Fabrikanlage“ verglichen, die aus Rohstoffen aufgebaut wurde, Rohstoffe verbraucht und sie in verschiedener Form wieder abgibt. *Aber alle diese Vergleiche treffen nicht den Kernpunkt des Lebens.*

Jeder Organismus baut sich nach eigener Wahl und nach inneren, streng regulierten Gesetzen nicht nur unaufhörlich neue Bausteine in seinen Körper ein, sondern entfernt gleichzeitig zahllose Bauelemente wieder aus seinem Zellverband.

Wollte man also den vielgebrauchten Vergleich mit einer Fabrik richtig durchführen, so müßte man sich vorstellen,

daß, während die Fabrik aufgebaut wird, besteht und arbeitet, unaufhörlich verwitternde Ziegelsteine und morsche Balken, mürbe Mörtelstücke und zerbrochene Fensterscheiben aus dem Gebäude entfernt und durch neue Bauelemente ersetzt werden, ja, daß während des ununterbrochenen Betriebes gleichzeitig Tag und Nacht hindurch die Räder und Ketten, Röhren und Platten der Maschinen durch Ersatzteile erneuert werden.

Ein im Granit des Brockens vor 300 Millionen von Jahren entstandener Bergkristall besteht seit der Zeit seiner Bildung bis zum heutigen Tage aus denselben Molekülen von Silizium und Sauerstoff, während die Bauelemente eines Baumes in jedem Jahr durch Austausch gegen Atome der unbelebten Natur völlig andere geworden sind. Dieser Wechsel des Stoffes bei Erhaltung der Gestalt und sogar des mikroskopischen und chemischen Aufbaues aller Gewebe gehört zu den wichtigsten Eigenschaften der lebendigen Substanz.

Sie wird ergänzt durch ein zweites, alles Leben beherrschendes Gesetz, das der Selbststeuerung (= Autoregulierung). Der Stoffwechsel kann unter dem Einfluß abnormer und krankhafter Vorgänge zu äußeren und inneren Mißbildungen führen, die meist einen frühen Tod des Individuums zur Folge haben. Aber in einem gesunden Lebewesen vollzieht er sich, äußerlich kaum erkennbar, ununterbrochen Tag und Nacht. Unsere Lungen atmen, unsere Drüsen sezernieren, unser Herz pulsiert dauernd, ohne daß unser Wille diese Stoffwechselvorgänge beschleunigen oder verlangsamen könnte.

Die innere Selbstregulierung läßt das Kind durch Abscheidung wunderbarer Säfte (Hormone) bis zu einer bestimmten Größe heranwachsen, hält die körperliche Energie auf einer bestimmten Höhe und läßt sie beim Altern langsam wieder abklingen. Diese Selbstregulierung weckt Hunger, Durst und andere Lebensbedürfnisse und beherrscht den Lebenslauf eines mikroskopischen Kleinwesens ebenso wie den der Palme oder des Elefanten.

So schaltet sich der organische Stoffwechsel zwischen die Vorgänge in der unbelebten Natur ein und verändert sie, seitdem das Leben auf unserer Erde entstanden ist und seitdem

die Meeresböden und die Landböden besiedelt wurden, und der Einfluß des Lebens wirkt um so stärker, je inniger die Lebensvereine mit dem Boden verwurzelt sind (Abb. 21).

So kommen wir zu der Auffassung, daß auch der Boden, solange er von vereinzelt oder gesellig lebenden Organismen besiedelt ist, einen beständigen Stoffwechsel erleidet, der sich von dem soeben geschilderten organischen Stoffwechsel nur dadurch unterscheidet, daß er *nicht durch Selbststeuerung*

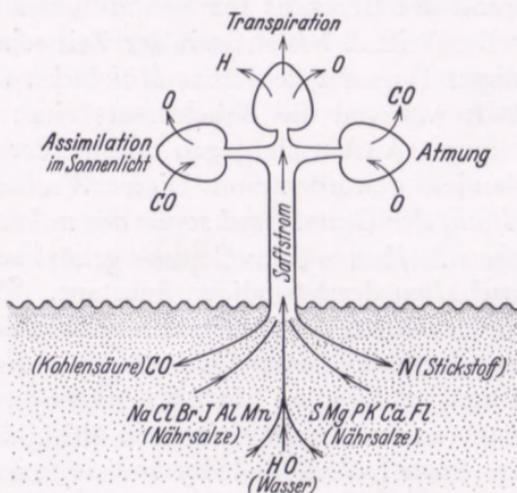


Abb. 21. Die Stoffbewegung im Gewebe grüner Pflanzen. Die Pfeile geben in vereinfachter Weise den Eintritt der Atome von O (= Sauerstoff), H (= Wasserstoff), C (= Kohlenstoff), N (= Stickstoff), Na (= Natrium), Cl (= Chlor), Br (= Brom), J (= Jod), Al (= Aluminium), Mn (= Mangan), S (= Schwefel), Mg (= Magnesium), P (= Phosphor), K (Kali), Ca (= Kalzium), Fl (= Fluor) aus der Luft und dem Bodenwasser wieder.

reguliert wird, sondern als Vermittler zwischen dem *anorganischen* Stoffwechsel der Lufthülle und der Wasserhülle einerseits und dem *anorganischen* Stoffwechsel des Untergrundes eingeschaltet ist.

Alle unsere bisherigen Betrachtungen gingen davon aus, daß wir als Boden im eigentlichen Sinne nur *die belebte Lockerhaut der Erde* bezeichnen dürfen; daß der rohe Urboden erst mit und durch die auf und in ihm lebenden Organismen die Eigenschaften erhielt, die wir mit dem Worte „Boden“ verknüpfen.

Die Oberfläche des nackten Felsengipfels ist in diesem Sinne kein Boden; die von der Sonne gebräunte und vom Winde glattgefegte Steinwüste oder die rotgelben Wanderdünen in der Wüste lassen sich nicht mit den Lockerböden vergleichen, die das saftige Grün der Wiesen, die goldenen Ährenfelder und den schattigen Hochwald ernähren.

Selbst der Mensch, als höchste Entwicklungsform des organischen Lebens, durchheilt als heimatloser, kulturfeindlicher Nomade die weiten Räume pflanzenarmer Ebenen und *entfaltet seine edelsten und wertvollsten Eigenschaften erst da, wo er den Boden bearbeitet und mit ihm verwurzelt.*

So dürfen wir also von einem *Stoffwechsel des Bodens* sprechen, der ebenso ununterbrochen im Austausch kolloidaler Teilchen, langsam hindurchsickernder Lösungen und Säfte und eines unaufhörlichen Austausches der Gase besteht. Solange der Boden kahl und unbelebt ist, wird er nur von mechanischen, physikalischen und chemischen Kräften verändert. Erst unter dem Einfluß einer bodenständigen Lebewelt bildet sich jene wunderbare Mannigfaltigkeit der bodenverändernden Vorgänge aus, die zur Grundlage höchster Menschenkultur werden.

Mit gutem Grunde setzt man die *Grenzsteine* nicht in den lockeren, fruchtbaren Oberboden, sondern versenkt sie in den Unterboden, in den *Grund* des Geländes. Denn während dieser verhältnismäßig bodensicher am Ort seiner Bildung liegenbleibt, gleitet der kolloidale Oberboden, dem Auge kaum erkennbar, aber doch unaufhörlich, von den Höhen nach den Tiefen, und selbst die flachste Böschung kann ihn vor diesem Abgleiten nicht schützen.

Nur soweit der Boden durch den Wurzelfilz der Vegetation gesichert ist, wird er standfest, aber selbst tieferwurzelnde Bäume zeigen uns oftmals an dem gebogenen Unterende des Stammes das allgemeine in Jahrhunderten erfolgende (= „säkulare“) Absinken des Gehängeschuttes.

Indem wir diesen Einzelvorgang in eine allgemeine Regel einordnen, erkennen wir, daß von den Höhen nach den Tiefen der Talrinne überall ein breiter Strom von gelockertem Felschutt oder erweichter Erde, mehr oder weniger verkittet und

verbunden durch kolloidalen Staub, wie ein zäher Brei herabgleitet (Abb. 13), sich in der Talaue ausbreitet und endlich von dem sie durchströmenden Fluß ergriffen und weitergetragen wird.

Der Fluß in der Tiefe der Talrinne gleicht also einem Güterzug ohne Ende, stets bereit, die ihm von allen Seiten zuströmenden feinen und groben Felsteile aufzunehmen und davonzutragen. Dieser scheinbar unbedeutende Vorgang bewirkt im Laufe von Jahrhunderten und Jahrtausenden, daß selbst die Oberkante der Talwände auseinander weicht, daß sich die Gipfel der Berge langsam erniedrigen, daß das Tal sich verbreitert und vertieft, und daß nach Jahrtausenden eine breite Talrinne mit geböschten oder stufenförmig gegliederten Wänden entsteht, wo vorher in alten Zeiten ein einheitliches Tafelland mit flachwelliger Oberfläche von Schwächenlinien (Klüfte, Verwerfungen) durchzogen war, an denen die Talbildung ihren Anfang nahm (Abb. 6).

Es ist für die Ursachen dieses Vorganges der Talbildung bezeichnend, daß alle unsere Täler während der regenreichen Diluvialzeit so vertieft wurden, daß man die antediluvialen Flußterrassen bis 100 m über der heutigen Talsohle verfolgen kann, während die postdiluvialen Terrassen nur 10—20 m über der heutigen Flußsohle liegen und daß die Vertiefung und Verbreitung der Täler heute nur geringe Fortschritte macht.

Aber auch *innerhalb der Bodendecke* vollziehen sich ähnliche Bewegungen und Ortsveränderungen, die teilweise durch klimatische, teilweise durch organische Kräfte bedingt sind.

Wenn ein *Erdbeben* eine Gegend durchzittert, dann entstehen auch in unserer verhältnismäßig erdbebenarmen Heimat zwar Risse in den Häusern, aber nicht jene starken Zerstümmerungen ganzer Städte, wie sie uns aus Italien, Griechenland oder Kleinasien bekannt sind. Aber die kleinen Risse in den Häusern, die wir gelegentlich beobachten können, lassen auf die Bildung ähnlicher *Rißzüge* schließen, die in der Erdkruste entstehen und uns nur deshalb verborgen bleiben, weil sie von der weichen Bodenmasse verhüllt werden.

Häufig beobachten wir in den Teilen von Deutschland, wo

große unterirdische Salzstöcke emporgestiegen und durch deren Auslaugung unterirdische Hohlräume entstanden waren, daß der Boden darüber zu weichen beginnt, daß Talwände absinken und mitten im Ackerfeld *Erdfälle* entstehen, die sich mit Grundwasser füllen und oft im Wald geheimnisvolle Seen („Kutten“ der Rhön) bilden. Bei ihrem Zusammenbruch wird die Erdrinde im nahen Umkreis erschüttert. Solche Beben erzeugen Spalten im Untergrund wie im Oberboden, die längere Zeit offenbleiben oder rasch zuheilen, das Grundwasser senken, unterirdische und oberirdische Wasserläufe ablenken und dadurch mittelbar die Wasserführung des Bodens oft bis in größere Entfernung von dem Senkungsherd beeinflussen.

Ungleich häufiger sind die kleinen Spalten im Boden, die bei *längerer Trockenheit* entstehen, den Oberboden zerklüften und nicht nur für den Sauerstoff der Luft öffnen, sondern beim ersten Regen durch die von oben hereingeschwemmten kolloidalen Bodenteilchen wieder zuheilen. Wer diese Vorgänge, die alle unsere Böden in jedem Jahre erleben, einmal genauer verfolgt hat, der überzeugt sich leicht, daß die krümelige oder feinpulverige Oberschicht oftmals mehrere Zentimeter tief eingelagert und hierbei eine Durcharbeitung und Erneuerung des Bodens immer wieder bedingt wird.

Ein noch häufigerer, aber noch schwerer verfolgbarer Vorgang der Bodenzerteilung ist mit dem Eindringen der Pflanzenwurzeln verbunden, die durch ihren *Wachstumsdruck* (Turgor) mit staunenswerter Kraft nicht nur den Lockerboden zerlegen, sondern die härtesten Felsen sprengen können. Der Grabstein auf dem Friedhof in Hannover, den eine unter ihm eindringende Birkenwurzel mehrere Zentimeter hoch gehoben hat, ist ein sprechender Beweis dafür, daß selbst alle kleinen Wurzeln ähnliche Wirkungen ausüben, und daß Millionen von Wurzelhaaren ein großes Ackerland mechanisch vollkommen zerkleinern. Wenn dann die Wurzeln absterben und vermodern, stehen den eindringenden Niederschlägen und dem im Oberboden entstandenen schwachen Lösungen ebenso viele Wege in die tieferen Zonen des Bodens offen.

Die Tätigkeit der im Boden lebenden Würmer, Insekten-

larven, Nagetiere und Maulwürfe für die Bodenbearbeitung, Bodendurchlüftung sowie die Verteilung von stickstoff- und phosphorhaltigen Abfallstoffen im Boden bedarf keiner Wiederholung, aber auch sie gehört zu den Stoffwechselforgängen, die ein lebender Boden jahraus, jahrein erfährt.

Während auf kahlem Felsenboden durch jeden Regentropfen und jede tauende Schneeflocke eine zarte Stäubchenhaut entsteht, die rasch wieder vom Winde abgeblasen oder vom Wasser abgewaschen wird, sammeln sich diese aus der Luft neugebildeten Bodenmengen *zwischen dem Pflanzenteppich* des bewachsenen Bodens zu immer mehr wachsenden Krusten. Indem die Bodenvegetation dem Lichte entgegenwächst, überwuchert sie diese Massen im Laufe der Jahre so weit, daß die vorher *zwischen den Oberteilen* der Pflanzen befindlichen Staubmengen nun in den Bereich des *Wurzelfilzes* kommen. Diese Erhöhung des Bodens wird aber durch eine Reihe von allgemeinen und örtlichen Bedingungen beständig ausgeglichen, und so bildet sich die *flachwellige Oberfläche*, die alle unsere bewachsenen Landschaften zeigen.

Die Auflagerung der verdorrten Blätter auf dem Boden ist allbekannt. Ihre langsame *Vermoderung*, besonders unter der Schneedecke, ihr Zerfall in kleine Humusteilchen unter dem Einfluß von Bakterien und Pilzen, kann leicht beobachtet werden und äußert sich in der Ausbreitung von kolloidalen Humusteilen auf und in der Oberschicht des Bodens.

Die vorhin geschilderten Vorgänge zeigen uns den Weg, auf dem halb feste und gelöste Humusbestandteile von oben in den Boden dringen, und jeder Querschnitt durch ein Stück Boden läßt uns die Tiefe der *humifizierten Oberschicht* messen.

In der Vorzeit drangen Humuslösungen so tief in den Boden, daß weite Flächen desselben oberflächlich in *Schwarzerde* verwandelt wurden. Zu anderen Zeiten kam es in feuchten Senken zur Bildung von *Moorerde*, die allmählich viele Meter mächtig wurde.

Auch hierbei erfolgte ein Stoffwechsel im Boden, und wenn unter dem Einfluß langandauernder Entwaldung die braune oder schwarze Oberschicht entfärbt wird und zu aschen-

artigem Podsol entartet, so sehen wir wiederum einen Wechsel in der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens.

Diesen von oben nach unten vordringenden Vorgängen stehen die *von unten nach oben wirkenden Kräfte* nur scheinbar gegenüber. Denn in der kolloidalen Bodenmasse ist die Schwerkraft so gut wie aufgehoben, und alle hier zu schildernden Vorgänge erfolgen *in Zonen von verschiedener Beschaffenheit* und an den Grenzflächen von bodenverändernden Kräften. Es bildet sich aber keine scharfe Schichtenfläche aus, wenn man auch die hierbei entstehenden Bodenregionen als „Horizonte“ bezeichnet.

Von unten her dringt das kapillar aufsteigende Bodenwasser, von unten her erfolgt der Ersatz der durch Verdunstung wasserarm gewordenen Oberschicht. Von unten her dringt jener große Wasserstrom in die Wurzeln der Pflanzen hinein, der ihre lebenden Gewebe ernährt und durchspült und durch die Blattfläche oder die Oberhaut wieder in die Atmosphäre abgegeben wird. Von unten her erfolgt die damit verbundene Auswitterung, die Bewegung der im Boden entstandenen Lösungen und die Ausscheidung des Gelösten in einzelnen Bodenschichten, besonders in der Umgebung der Pflanzenwurzeln. Von unten her heben sich unter dem Einfluß von zarten Eisirinden die Steinchen im Boden, und jedes wühlende Tier drängt solche härtere Einschlüsse nach oben, bis sie in den Maulwurfshügeln oder in den Gängen der Mäuse zutage kommen.

Auch hier müssen wir wiederum betonen, daß diese Vorgänge des von Tieren und Pflanzen belebten Bodens *dem Boden selbst ein eigenartiges Leben verleihen*, und daß man mit Recht den Namen des organischen „Stoffwechsels“ auf diese bodenbildenden Vorgänge übertragen darf.

Der Austausch verschiedener Stoffe und die Zufuhr und Ausscheidung derselben wechseln nicht nur im Laufe von Tag und Nacht, sondern ebenso im Gang der Jahreszeiten und kennzeichnen seinen Wirkungsbereich in viel größerem Ausmaß bei jedem Klimawechsel der geologischen Vorzeit.

Diese von den Kräften der unbelebten Natur beherrschten

Vorgänge wandeln sich unter dem Einfluß der bodenständigen Lebewelt in eine den Lebensvorgängen sich angleichende Form, und daraus ergibt sich, daß ein Boden *gesund* sein, aber auch *krank* werden kann, daß ein *unentwickelter* Rohboden durch geeignete züchterische Maßnahmen langsam *umgewandelt* werden kann, daß er *ermüden* kann und *ruhen* muß, um wieder die gleichen Erträge zu bringen, daß man ihn durch wohlabgewogene *Gaben von Bodenarzeneien* und *Stärkungsmitteln* auf der Höhe des Lebens halten kann, daß aber jede Maßnahme, die das Optimum ihrer Wirkung übersteigt, schädliche Folgen hat, daß man einen Boden durch erzwungene Höchstleistungen für Jahre hinaus schädigen kann, und daß *nur der sorgsam arbeitende, allen gewaltsamen Eingriffen abholde bodenständige Siedler dauernde Erfolge hat.*

Die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne, die alles Leben erzeugen und erhalten, die den organischen Stoffwechsel regeln und in Gang halten, sind auch die letzte Ursache für den Stoffwechsel des Bodens. Aber zu der Lebenstätigkeit der *bodenbewohnenden Pflanzen und Tiere* tritt als eine neue Ursache von Kraft und Erfolg der *menschliche Geist* hinzu, der in steter, unermüdlicher Arbeit, in der Erinnerung an früheres Erleben und in hoffenden Gedanken an die Zukunft seiner Scholle, besonnen und tätig seinen Boden bearbeitet und bewohnt, der ihm Bürgschaft leistet für die Dauer seines eigenen Geschlechtes.

17. Das Bodenprofil.

In der Zeichenkunst versteht man unter einem Profil die Grenzlinie eines Gegenstandes gegenüber seinem Hintergrund (Schattenriß), während ein *geologisches Profil* die vereinfachte Darstellung eines *Querschnittes durch ein Stück der Erdrinde* wiedergibt. Am einfachsten ist meist der Bau der Ausfüllungen breiter Flußauen (Abb. 22), die wegen ihres feinpulverigen Lehms, der das hindurchsickernde Auenwasser beständig filtrierte, für die Anlage ergiebiger Wasserwerke besonders günstig sind. Denn das darin gespeicherte Wasser

kann nur bei Hochwasser vom Flusse aus verunreinigt werden.

Da die Erdrinde aus übereinandergelegten Gesteinsplatten von verschiedener Härte und verschiedener Mächtigkeit besteht, von denen jede in einem bestimmten Bildungsraum und einer geologisch bestimmbareren Bildungszeit abgelagert wurde, stellt das geologische Profil nicht nur die Lagerung der Gesteinschichten, sondern auch ein *Stück der Erdgeschichte* dar. Denn bei normaler Lagerung entstand jede auf einer vorher bestehenden Unterlage, also zeitlich später als das *Liegende*, und nachdem seine Bildung abgeschlossen war, legte sich eine neue *hangende* Gesteinsmasse darüber.

Auch im Bodenprofil, als der obersten Zone der Erdrinde,

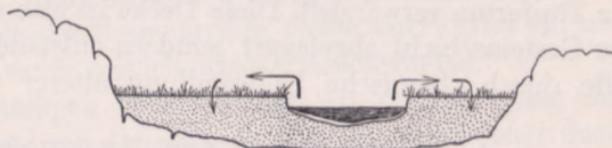


Abb. 22. Ausfüllung einer Talrinne mit Auelehm. Die Pfeile geben an, auf welchem Weg bei Hochwasser das Grundwasser der Aue durch das Flußwasser verunreinigt und verseucht wird.

beobachtet man oft eine solche Überlagerung zeitlich nacheinander gebildeter Gesteinsmassen:

Wenn über den Schlamm eines Flusses eine Kiesbank und in der *folgenden Zeit* Sand darüber abgelagert wird, so sehen wir im Profil der Flußaue *übereinander* eine tonige, eine geröllreiche und eine sandige Schicht. Ähnliche übereinander gelagerte Schichtenfolgen können wir in den Ablagerungen von Flüssen, die ihr früheres Bett verlassen haben, übereinander oder an ihren Talwänden untereinander unterscheiden.

Auch die in den Staubecken am Eisrand gebildeten *Bänder-tone* zeigen eine solche Folge dünner, übereinanderliegender Schichten, und die in großen Lößprofilen auftretenden Verwitterungs- und *Verlehmungszonen* entsprechen ebenfalls zeitlichen Pausen innerhalb der Bildungszeit des betreffenden Lößlagers (Abb. 10).

Daß man unter der dünnen Bodenschicht, die ein aus geologisch älteren Schichten aufgebautes Stück Erdrinde über-

deckt, ebenfalls solche zeitlich verschiedene und durch ihren Gehalt an Versteinerungen zeitlich bestimmbare Schichten unterscheiden kann, ist nach dem, was wir in einem früheren Abschnitt betrachteten, selbstverständlich.

Aber bei den verschiedenen „Horizonten“, die man neuerdings in der Bodenkunde unterscheidet, handelt es sich um etwas anderes. Durch ganz Mitteleuropa läßt sich eine, später durch Abwaschung in einzelne Stücke zerlegte Verwitterungszone verfolgen, die von diluvialen Ablagerungen bedeckt, also früher als diese entstanden ist. Rote Porphyre, überlagernde Sandsteine, Tone und Geröllschichten wurden gebleicht, ihrer färbenden Eisenbestandteile wie ihrer Kieselsäure beraubt und dadurch in eine weiße Decke von Kaolinit, Porzellanerde oder Töpferton verwandelt. Diese Decke ist also nicht als besondere Gesteinschicht abgelagert, sondern entstand an Ort und Stelle durch chemische Umwandlung älterer Gesteinmassen.

Wenn man in der Umgebung von Halle gelben Löß scheinbar von einer Schicht Schwarzerde überlagert sieht und daneben dieselbe geschwärzte Oberschicht in einer diluvialen Sandablagerung oder einem glazialen Blocklehm wiederfindet, so wurden diese drei verschiedenen Gesteinmassen nicht etwa durch eine einheitliche Schicht von Schwarzerde überlagert, sondern ihre Oberschichten sind gemeinsam geschwärzt, und die dunkle Oberzone verliert sich im ungeschwärzten Unterboden.

Die Mehrzahl der im Bodenprofil auftretenden und bei der Kartierung der Böden neuerdings unterschiedenen *Bodenhorizonte* bezeichnen also *nicht aufgelagerte Massen* verschiedenen geologischen Alters, sondern sind *durch chemische Umlagerung innerhalb der schon fertigen Bodendecke* entstanden. Ihre Entstehungszeit und auch ihre Entstehungsart ist nicht immer vollständig geklärt; daß sie ihre letzte Ursache in den unter verschiedenem Klima entstandenen Veränderungen im Stoffwechsel des Bodens haben, kann aber keinem Zweifel unterliegen.

Wir greifen einige weitverbreitete Formen solcher „Bodenhorizonte“ heraus:

Bei Brunnenanlagen im Lockerboden trifft man oft auf *verhärtete Zonen*, welche die Weiterarbeit erschweren. Sie sind besonders häufig in den aus Kalkgeröllen bestehenden Moränenablagerungen am Fuß der Alpen und lassen sich am Ufer der Isar oder anderer Gebirgsflüsse leicht verfolgen, wo die mit rundlichen „Köpfen“ bedeckten Felswände als *Nagelfluh* bezeichnet werden. Durch Auflösung des feinsten Kalkschlammes zwischen den Kalkgeschieben und eine darauffolgende Ausscheidung von kalkigem Zement läßt sich diese regellose Einlagerung von härteren Kalkgeröllbänken zwischen weicheren Geröllschichten leicht erklären.

In Deutschland sind ähnliche *Verhärtungen* durch die im Boden zirkulierenden gelben oder braunen *Eisenlösungen* entstanden. Auch sie bilden unregelmäßig verlaufende Horizonte innerhalb des Bodenprofils, treten unerwartet auf und können ebenso rasch seitlich wieder verschwinden.

In sandigen Böden finden wir unregelmäßig eingelagerte Horizonte von *Ortstein*, in dem die Sandkörner durch dunkle Eisen-Humuslösungen verkittet wurden, so daß die Bodenbearbeitung auf großen Flächen erschwert wird.

In feinpulverigen Tongesteinen werden durch den Stoffwechsel der Pflanzenwurzeln seltsame *Farbenzonen* im Boden gebildet, die auf der Auslaugung oder Wiederausscheidung der verschiedenartigsten Lösungstoffe beruhen.

Im Löß beobachten wir neben den entkalkten *Verlehmungszonen*, welche frühere Oberflächen des Lößlagers darstellen, Bänder von neugebildeten, puppenartig gestalteten, kalkigen Ausscheidungen (Abb. 10), die man als *Lößkindel* bezeichnet.

Am sorgfältigsten ausgebildet wurde die Unterscheidung solcher gefärbter oder entfärbter Horizonte von russischen Bodenforschern, und da man die letzten Reste der Bodenzone von Osteuropa bis nach Deutschland verfolgen kann, versucht man neuerdings auch bei uns die dort so leicht verfolgbaren Bodenhorizonte zu unterscheiden.

Nach der Übersicht von *Stremme* lassen sich in Mitteleuropa meist folgende drei Horizonte trennen:

A. Gekrümelte oder ungekrümelte schwarzgraue *Wald-*

böden und braungraue Ackerböden, nach unten bleicher werdend, bisweilen durch Spalten zergliedert.

B. Humusbrauner, gelber oder rotfleckiger Unterboden, gelegentlich mit dunklen Flecken.

C. Kalkausscheidungen in den verschiedenfarbigen Massen des Untergrundes.

Die Untergrenze der Horizonte folgt vielfach den Umrissen der Wurzelstöcke.

Durch den Vergleich der in geschichtlicher Zeit entwaldeten Länder Südeuropas mit den bewaldeten oder wieder aufgeforsteten Bodengebieten des Mittellandes, den Steppenländern Osteuropas und den im schneereichen Norden herrschenden klimatischen Zuständen lassen sich auch die verschiedenen Bodenprofile Deutschlands gesetzmäßig einordnen.

Ganz anders sind wiederum die Horizonte zu bewerten, die man neuerdings in unseren *Moorböden* unterschieden und verfolgt hat. Denn sie gehören in die Gruppe der zeitlich nacheinander erfolgten Erscheinungen.

In der ziemlich gleichmäßig gebauten, dunkel gefärbten Masse der bis 6 m mächtigen Böden, die aus vermoderter und zerfallener Pflanzensubstanz mit geringen Mengen von aufgewehtem Staubgehalte (Aschenbestandteile) bestehen, sind die Samenkapseln und Pollen der das Torflager bildenden Pflanzenverbände so gut erhalten, daß man genau die Pflanzen bestimmen kann, die am Ufer jener moorigen Sümpfe wuchsen.

Durch ihr Studium (in einer sogenannten *Pollenanalyse*) ist es möglich gewesen, die klimatischen Veränderungen Deutschlands seit dem Abschmelzen der diluvialen Eisdecken genau zu verfolgen. Wenn auch beim Vergleich nördlicher und südlicher Pflanzenvereine noch manche offene Fragen zu lösen sind, so ist doch schon jetzt sichergestellt, daß nach dem Abschmelzen des Eises und der dadurch entstandenen Abkühlung eine warme Klimaperiode eintrat und erst nach deren Abschluß jene allgemeine Klimaänderung erfolgte, welche die Zustände der Gegenwart einleitete.

Mitten durch die meisten Moortalager zieht sich aber eine eigentümliche, hellere, aus vertrockneten Pflanzen bestehende

Zone, die man den *Grenzhorizont* nennt und die in einer lange dauernden *Trockenzeit* entstanden sein muß.

Die Folgen dieser Klimaperiode auf die Lebewelt Nord-europas waren überaus merkwürdig:

Seen und Moore schrumpften, das Grundwasser sank und kleinere Flußläufe verödeten. Statt dichtgeschlossener Föhrenwälder breiteten sich die lichten Bestände der Eiche aus, und unter dem Waldboden entstanden Bleicherden.

Während vorher nur die Lößgebiete und die Niederungen der Flüsse zwischen den Urwäldern die ältesten Bewohner Mitteleuropas zu weiten Wanderzügen anlockten, wurde jetzt auch das Waldland besiedelt. Man lernte bald, statt der aus Feuerstein geschlagenen Waffen und Handwerkszeuge „neolithische“ Geräte aus zähem Grünstein nach bewährten Mustern zu schneiden, sägen, bohren und schleifen.

Wenn vorher nur der *Wolfshund* und das *Wildschwein* als Haustier gezähmt wurde, so kam jetzt als neuer Lebensgenosse das *Urrind* hinzu, und die Körner der *Wildgräser*, die man vorher nur auf Wanderungen gesammelt hatte, wurden jetzt in geschlossenen Gärten und Feldern ausgesät, die man mit der Steinhacke oder dem Holzflug lockerte.

So drang der Siedler in die Rodegebiete der Urwälder hinein, rodete ein Stück nach dem anderen, und neue Stätten der Bodenkultur verbanden die fruchtbaren Niederungen der weitgeöffneten Länder.

Damit aber wurden alle besiedelten, gerodeten und bearbeiteten Böden verändert, und nachdem zuletzt eine rationelle Landwirtschaft die ursprünglichen Eigenschaften der Böden fast überall umgestaltet hat, können wir uns nur an wenigen „*urwüchsigen*“ Stellen ein Bild von den *Urböden* Deutschlands machen.

18. Die Bodenschätze.

Von grundlegender Bedeutung für die Kultur eines Landes ist zuerst die *ethische Begabung und schöpferische Kraft seiner Bewohner*. Aber wenn der heimatliche Boden sie nicht nähren kann, schwindet diese Kraft, und so steht an zweiter

Stelle die *Fruchtbarkeit seines Bodens* und die *Arbeitskraft des bodenständigen Bauern*.

Von nicht geringerer Bedeutung für die weitere wirtschaftliche Entwicklung und Blüte eines Landes wurden aber im Laufe der Zeiten auch die in den Boden eingelagerten *natürlichen Schätze* (Abb. 23) an festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen. Sie ersetzen und steigern die Menschenkraft, liefern die Rohstoffe für Handel und Industrie und bedingen, heute mehr als je, die Zukunft eines Staatswesens.

Wenn wir an jene vergangenen Zeiten denken, wo die ersten Menschensippen nach Deutschland einwanderten und, von ihrem natürlichen Instinkt geleitet, zwischen den weiten Flächen des Urlandes die für eine dauernde Siedlung geeigneten Landstücke heraussuchten, wenn wir uns darüber klar sind, daß der wilde karnivore Jäger zwar das Salz als Würze entbehren konnte, daß aber jeder Mensch, der von den Körnern der *Wildgräser* oder der kultivierten *Feldfrüchte* leben will, *für seinen Stoffwechsel das Salz notwendig* braucht, so erscheint uns die Verteilung der natürlichen Salzvorkommen in Nordeuropa als eine der ältesten Grundlagen jeder bodenständigen Siedlung.

In der Nähe der Küste ist das Seesalz so verbreitet, daß hier kein Bedürfnis nach anderen Salzvorkommen vorlag. Aber in dem weiten Binnenlande mußten solche Stellen, wo das Salz auf natürlichem Wege zutage tritt, gesucht und hoch gewertet werden. Das sind die *Solquellen*, die aus beträchtlicher Tiefe kommen und auf ihrem Weg durch die Erdrinde salzhaltige Gesteine auslaugten.

So dürfen wir annehmen, daß die Salzquellen, die am Hellweg entlang durch Westfalen ziehen, die in Thüringen überall austreten und im Osten noch bei Hohensalza empordrängen, bis zu den Salzquellen in Württemberg und der „Salzkammer“ in den Alpen von *unentbehrlichem Wert* für die *ältesten Ansiedlungen* und den ältesten Handel wurden.

Ist doch der Name der *Salzach*, wie der fränkischen und thüringischen *Saale* noch heute ein Überrest aus jenen Zeiten, wo Salzhändler auf dem Einbaum durch das Land zogen; und wenn heute noch die Salzgewinnung zu den Vorrechten

(Regalen) des Staates gehört, so hat sich darin die Bedeutung des Kochsalzes für den menschlichen Stoffwechsel erhalten.

Ein zweiter Schatz, den man leicht dem Oberboden entringen konnte, waren die *goldgelben Stücke des Bernsteins*, der, in eine blaue Erde eingeschlossen, heute nur noch an der

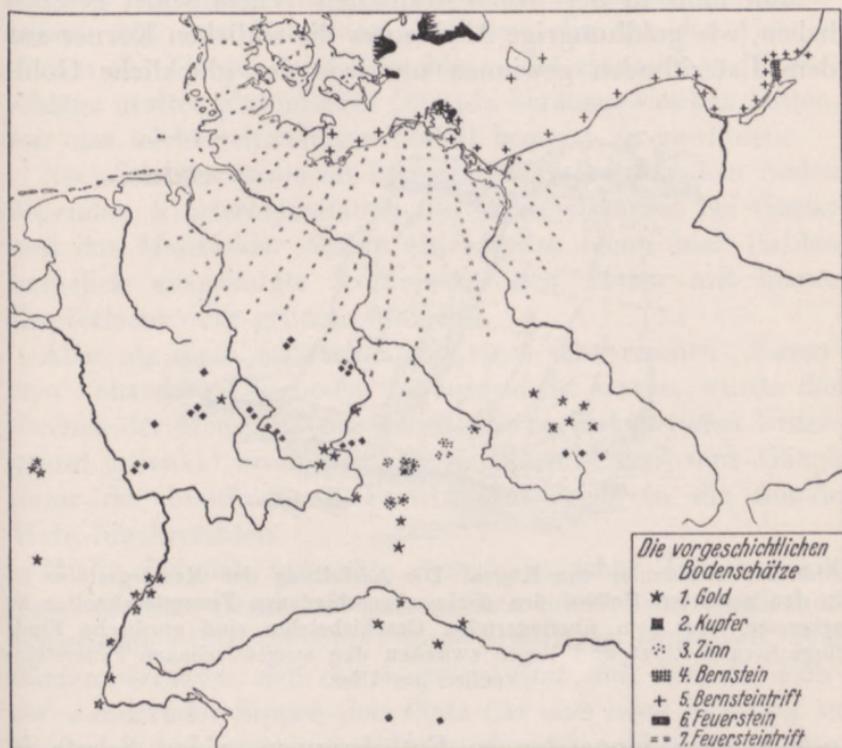


Abb. 23. Die Verbreitung vorgeschichtlicher Bodenschätze.

samländischen Küste Ostpreußens gefunden wird. Aber vor der Bildung der Ostsee überstreute er weite Flächen des heutigen Meeresbodens, so daß er überall leicht gegraben werden konnte. Bernsteinperlen fanden sich schon in Troja im Schatz des Priamus und bilden noch heute einen wichtigen Handelsartikel nach den Ländern des Orients.

Im Sande der Nebenflüsse des Rheins fanden sich *glänzende Körner von Gold*, und alte Sagen über die Gewinnung, Ver-

teidigung und tragischen Schicksalsfolgen des „Rheingoldes“ reichen bis in unsere Tage hinein. Frühzeitig kam zu dem Liebhaberwert des glänzenden Metalls seine wirtschaftliche Bedeutung als Tauschmittel, und heute noch gehören die Goldschätze mächtiger Staaten zu den Regulatoren des Weltgeschehens.

Man muß in der westaustralischen Wüste selbst gesehen haben, wie goldhungrige Abenteurer die rötlichen Körner aus dem Lateritboden gewinnen und wie der glückliche Gold-



Abb. 24. Kreideufer von Rügen. Die Auffaltung der Kreidegesteine ist in den gestörten Reihen der darin abgeschiedenen Feuersteinknollen zu erkennen. Aus dem überlagernden Geschiebelehm sind nordische Findlinge herabgestürzt und liegen zwischen den ausgewaschenen Feuersteinknollen am Ufer.

gräber nach monatelangen Entbehrungen seinen Schatz in wenigen Tagen in den aus Wellblech erbauten Spielhöhlen der nächsten Goldgräberstadt wieder durchbringt, um zu verstehen, welche Macht mit der Eroberung und Hortung des Goldes stets verknüpft war.

Die Menschen der Steinzeit brauchten Salz für ihr Leben und brauchten Bernstein und Gold für ihren Schmuck und Tauschverkehr, aber das wichtigste Werkzeug gewannen sie aus den leicht spaltbaren *Feuersteinknollen*, die entweder aus dem weichen (Abb. 24) Kreidegestein der nordischen Küstenländer durch Graben gewonnen oder aus den durch die Eis-

decken über ganz Norddeutschland verbreiteten erratischen Feuersteinblöcken hergestellt wurden.

Eine neue Kulturepoche begann mit der Verwendung des *Kupfers* und der aus Kupfer mit (3—10%) Zinn gemischten *Bronze*. Viel natürliches Kupfer fand sich auf der Kupferinsel „Cypern“, und viele Bronze wurde im Orient erzeugt. Aber auch Deutschland war einst reich an diesen beiden Metallen. Aus dem Sand der Fließchen, die aus den Granitdomen des Fichtel- und Erzgebirges die zinnreichen Niederschläge uralter plutonischer Dämpfe herausgewaschen hatten, war das leicht schmelzbare Metall bequem zu gewinnen.

Noch leichter waren die in geringer Tiefe unter dem Boden liegenden *Kupferlagerstätten* des Rammelsberges bei Goslar und der Mansfelder Mulde aufzufinden, denn hier färbten natürlich ausgelaugte Kupfersalze den Boden mit blauer Kupferlasur oder grünem Malachit.

Aber als diese wahrscheinlich einst sehr reichen „Rasenerze“ aus dem Oberboden herausgesucht waren, wurde das Streben der Menschen der Bronzezeit nach dem tiefen Untergrund gelenkt, wo kupferhaltige Flöze, Lager und Gänge unter der buntfarbigen Verwitterungsdecke in die dunkle Tiefe hinabreichten.

Wahrscheinlich versuchte damals mancher Zauberer mit ausgestreckter Hand, mit seinem Stab oder einem elastischen Gabelzweig (*Wünschelrute*) Bodenschätze zu entdecken. Wir dürfen vermuten, daß der *magische Stab*, mit dem der Führer wandernder Sippen den Platz für eine neue Siedlung zu finden und abzutasten suchte, zu denselben Mitteln gehörte, die noch heute bei der Aufsuchung von Bodenschätzen gebraucht werden.

Seitdem wir wissen, daß von leblosen und lebenden Gegenständen eigenartige Fernwirkungen ausgehen, hat zwar die Wünschelrute ihren zauberhaften Charakter verloren, aber sie kann doch noch immer in der Hand eines erfahrenen Rutengängers als ein wichtiges Hilfsmittel bei der Aufsuchung von Bodenschätzen gelten.

Als man dann im frühen Mittelalter nicht nur Kupfer und Zinn, sondern auch *silberhaltigen Bleiglanz* und viele andere

Metalle aus den Tiefen der Erde zu gewinnen und in Schmelzhütten technisch zu verwerten lernte, entstand eine neue Blütezeit für den Rutengänger, und als nach dem Weltkrieg die natürlichen Wasservorräte auf und unter dem Erdboden für das gesteigerte Wirtschaftsleben nicht mehr reichten und man die in der Tiefe ruhenden Wasservorräte zu erschließen versuchte, wurde wieder die Wünschelrute überall begehrt. Neuerdings findet sie Verwendung, um die in größeren Tiefen lagernden Naturöle durch tiefe Bohrlöcher da zu erschließen, wo eine gewisse „Ölhöflichkeit“ anzunehmen ist.

Der Bergmann schürfte und grub mit „Schlegel und Eisen“, die noch heute als sein Symbol gelten, den Stollen söhlig (horizontal) oder saiger (steil einfallend) in das Gebirge hinein, wo ihm der trübe Schein der kleinen Öllampe den Weg bis „vor Ort“ zeigte.

Es scheint, daß die ältesten bergmännischen Arbeiten im Lande der Franken am Südabhang des erzeichen Frankenswaldes und des zinnreichen Fichtel- und Erzgebirges begannen. Denn fränkische Bergleute treffen wir bis nach Böhmen, Siebenbürgen, Tirol und bis zu den Ostalpen, und die hier niedergeschriebenen alten Dokumente enthalten vielfach fränkische Bergmannsausdrücke.

Das älteste *Bergrecht* wurde von Kaiser Friedrich Barbarossa herausgegeben, als er im Jahre 1158 mit 6000 deutschen Edelleuten die Alpen überschritten hatte und in der Ebene von Roncaglio (bei Cremona) unter einem Baum, an dem er seinen Schild aufgehängt hatte, eine Reihe von wichtigen Gesetzen für das „Heilige Deutsche Reich“ gab.

Sechzig Jahre später schrieb der mitteldeutsche Rechtsgelehrte Eike von Repgow auf der Burg Falkenstein im Harz den *Sachsenspiegel*, das älteste deutsche Rechtsbuch, und darin steht schon der Satz: *Alle Schätze unter der Erde, tiefer als ein Pflug geht, gehören zur königlichen Gewalt.*

Damit wurde zum erstenmal der Gegensatz zwischen dem *Eigentumsrecht* des Besitzers von Hof und Acker und dem *Vorbehaltsrecht* (Regal) des Staates an den *darunterliegenden Bodenschätzen* festgelegt.

Der Grundgedanke dieses deutschen Gemeinderechtes war,

daß ebenso wie die Weide, die Wiese und der Wald zur *Almende* gehören, so auch *Metalle und Salz* dem Privatrecht entzogen sein sollen.

Im Laufe der folgenden Jahrhunderte hat die Zahl und der Umfang der „bergfreien“ Bodenschätze mehrfach gewechselt, und heute bestimmt das preußische Bergrecht, daß *Silber, Eisen, Blei, Kupfer, Zink, Nickel, Mangan und Schwefel, sowie die sie enthaltenden Erze, Steinkohle, Braunkohle, Steinsalz, Edelsalze und Solquellen vom Verfügungsrecht des Grundeigentümers ausgeschlossen sind.*

Manche Metalle, wie Gold, Quecksilber, Zinn, Kobalt und Antimon, sind in Deutschland heute nur noch in so kleinen Mengen zu finden, daß sie praktisch nicht mehr unter die Regalien fallen.

Andere Bodenschätze sind nur in einzelnen Gebieten geschützt: So der *Bernstein* in Ostpreußen und an den Küsten der Ostsee, der *Schwerspat* in Thüringen und der *Dachschiefer* in Hessen.

Alle anderen im Boden enthaltenen Stoffe gehören dem Grundeigentümer. Solche sind die *Quellen* und das *Grundwasser*, soweit sie nicht über 4% Salz enthalten, das *Radium*, der *Torf*, die *Kieselgur* und manche andere technisch verwertete *Erden*.

Wer einen Bodenschatz findet und ihn technisch zu gewinnen wünscht, muß innerhalb einer Woche einen Antrag bei der Bergbehörde stellen, die ihm nach Prüfung der Sachlage das *Schürfen* (Aufsuchen der Lagerstätte) und die *Förderung* (Gewinnung) erlaubt.

Die Verleihung dieser Rechte setzt voraus, daß das Mineral wirklich nachgewiesen wird und in *bergfreiem Felde* liegt, das noch nicht von anderer Seite belegt ist.

Aus den nun notwendig werdenden bergbaulichen Anlagen ergeben sich für den Bergwerksbesitzer Rechte, die den anliegenden Grundbesitzer in Mitleidenschaft ziehen können. Denn die Errichtung von Werksanlagen, das Abtäufen des Schachtes und die unterirdischen Arbeiten bedingen es, daß der aus der Tiefe geförderte *Abraum* in der Nachbarschaft auf fremdem Grunde in Halden aufgeschüttet werden und

daß der Bergwerksbesitzer durch die *Entziehung von Wasser* aus dem Untergrund die Quellen und den Grundwasserspiegel in der Umgebung beeinflussen darf. Er ist aber verpflichtet, den dadurch entstandenen *Bergschaden* zu bezahlen.

Viele langjährige Prozesse, die über solche Bergschäden geführt worden sind, haben immer wieder mit der Frage zu tun, inwieweit solche Schäden *direkt* durch die bergmännischen Arbeiten bedingt sind oder mit allgemeinen geologischen Veränderungen im Untergrund zusammenhängen. Daher enden die meisten solcher Prozesse schließlich mit einem Vergleich, und je früher ein solcher erreicht wird, desto besser ist dies für die streitenden Parteien und auch für die Allgemeinheit.

Über die Verteilung der wichtigsten bergmännisch wertvollen Lagerstätten in Deutschland läßt sich etwa folgendes sagen:

Lagerstätten von *Edelsteinen* fehlen uns vollständig und sind auch bei eifrigem Suchen auf deutschem Boden nicht zu erwarten.

Platin kommt nur in manchen Gesteinen in feinsten Verteilung vor, und der einst beträchtliche *Goldreichtum* im Sande der rheinischen, mitteldeutschen und böhmischen Flüsse ist längst erschöpft.

Silber ist in manchen Erzen zwar in geringer Menge, aber doch so enthalten, daß seine Gewinnung als *Nebenprodukt der Verhüttung* lohnt.

Kupfer findet sich in ansehnlicherer Menge im Rammelsberg bei Goslar und in der Mansfelder Mulde.

Blei und *Zinkerze* sind vereinzelt, von der Eifel bis Schlesien, verbreitet.

Durch das Friedensdiktat von Versailles hat Deutschland einen großen Teil seiner *Kohlen* verloren, doch schätzt man die Menge der Steinkohlen, die uns verblieben sind, auf 235 Milliarden Tonnen und die der Braunkohlenfelder am Rhein und in Mitteldeutschland mit etwa 30 Milliarden Tonnen.

Von *Eisenerzen* besitzen wir nur noch 6,7 Milliarden Tonnen in Siegerland, an der Lahn und im Harzvorland.

Sehr reich ist Deutschland noch immer an *Salzlagerstätten*,

die in Schwaben dem Muschelkalk, aber von Kissingen bis nach Lüneburg und von Westfalen bis nach Posen der darunterliegenden Zechsteinformation angehören. Mit diesen sind auch die wichtigen kalireichen *Edelsalze* verbunden, die für die Herstellung von künstlichem Dünger so wichtig geworden sind.

Auch die aus der Tiefe aufsteigenden, aber meist geringen Mengen von *Erdöl* stehen vielfach in Verbindung mit den Salzlagerstätten.

Neuerdings sind Bestrebungen im Gange, auch die im Boden enthaltenen *Reste der Vorzeit* dem Bodeneigentümer zu entziehen, um sie dauernd der Allgemeinheit dienstbar zu machen. So ist 1914 ein Ausgrabungsgesetz erschienen, das eine Reihe von wichtigen Bestimmungen für den Eigentümer des Bodens enthält:

Ihm zufolge ist die vorsätzliche Grabung nach solchen Funden nur mit Genehmigung der Regierung gestattet, und Gelegenheitsfunde hat der Eigentümer, Entdecker oder Arbeitsleiter am nächsten Werktag der Polizeibehörde anzuzeigen. Der zufällig entdeckte Gegenstand muß, soweit die Behörde den Fund nicht vorher freigibt, fünf Tage lang in unverändertem Zustande erhalten werden. Eine entgeltliche oder unentgeltliche Abgabe selbst an Museen, Schulen oder deren Leiter ist erst nach drei Monaten gestattet. Eine vorsätzliche Beschädigung, Zerstörung oder Beiseiteschaffung wird bestraft. Auf Verlangen der Behörde oder der Museumsleiter müssen die Gegenstände an diese gegen Entschädigung nach dem gemeinen Wert und der Unkosten abgegeben werden.

Die heute in weiteste Volkskreise gedrungene Überzeugung, daß alle solche Funde, die *das Heimatgefühl und die Heimatkunde wecken und vertiefen*, nicht Privatbesitz sein dürfen, sondern der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden müssen, wird die Anwendung der aus dem Gesetz sich ergebenden Strafen in Zukunft nicht mehr nötig machen.

Eine letzte Schmälerung des privaten Eigentumsrechtes ergibt sich aus dem allgemeinen Wunsch, solche natürliche Erscheinungen, die zum Wesen des *heimatlichen Landschaftsbildes* gehören, vor Zerstörung zu schützen.

Diese *Naturschutzbestrebungen* haben eine so große kulturelle Bedeutung, daß man nur wünschen kann, daß überall solche Dinge allen Freunden der Heimat erhalten bleiben.

Freilich können manche Maßnahmen zum Schutze solcher Stellen gerade für die zu schützenden Gegenstände gefährlich werden. *Geologische Aufschlüsse*, die man geöffnet hat und jedermann sichtbar zu halten sucht, verwittern rascher als wenn sie vom schützenden Lockerboden bedeckt bleiben. Gletscherschliffe, Gletscherbrunnen und versteinungsreiche Felsen, die man freigelegt hat, werden leicht durch Sammeleifer oder Unachtsamkeit zerstört. Daher empfiehlt es sich, solche Funde im Schutze eines Museums unterzubringen. *Nicht immer schützt die Natur die dem Naturschutz anvertrauten Erscheinungen.*

19. Die natürlichen Bodenartungen.

In jahrtausendlanger unermüdlicher Arbeit hat der deutsche Siedler und Bauer den rohen Urboden aufgebrochen und mit Kulturgewächsen besiedelt. Dabei wurden dessen Eigenschaften so grundsätzlich umgestaltet, daß das Bild der deutschen Böden der Gegenwart nicht so sehr durch seine natürlichen Ursachen, als wie durch seine wirtschaftlichen Wirkungen bestimmt wird.

Diesem Gesichtspunkt entsprechend bezeichnet man oft die Böden nach den darauf gedeihenden Kulturpflanzen (Weizenboden, Roggenboden, Rübenboden) oder teilt sie nach dem darauf möglichen Ertrag in Böden von verschiedener *Bonität* ein.

Schon frühzeitig hat man daneben aber versucht, die Bodenarten nach ihren *natürlichen Eigenschaften* zu unterscheiden, indem man den Steinboden von dem Kalkboden, Sandboden oder Tonboden trennte.

Man hat auch vorgeschlagen, die Bodenarten nach geologischen Gesichtspunkten zu unterscheiden und Triasböden von den Juraböden, Silurböden von den devonischen Böden zu sondern.

Aber eine solche Einteilung muß gerade vom geologischen

Standpunkt her abgewiesen werden. Denn die Namen Trias oder Jura bezeichnen bekanntlich nicht eine Gruppe *gleichartiger* Gesteine, sondern den gleichen Fossilgehalt *verschiedener* Gesteine. Es gibt z. B. keinen größeren Gegensatz als den zwischen den Böden auf einer Unterlage von Triassandstein oder Triaskalk.

In dem Bestreben, sich von den natürlichen Verhältnissen der einzelnen Landschaften frei zu machen und zu einer allgemeingültigen Systematik der Böden zu gelangen, hat man dann versucht, die Bodenarten nach *Klimazonen* zu bezeichnen und zu unterscheiden. Hierbei boten das nordamerikanische Tiefland und Osteuropa den gegebenen Ausgangspunkt. Auf Grund internationaler Beschlüsse wurde ein allgemeines Bodenschema ausgearbeitet, das vorwiegend auf den in Rußland verbreiteten Bodentypen beruht:

Es gibt wohl wenig so eigenartige Landschaften wie die russischen Ebenen im Osten unseres Vaterlandes:

Sobald wir das vielgestaltige polnische Hügelland verlassen haben, durchmessen wir bis zum Ural eine fast ungliederte Ebenheit, und selbst die Grenze zwischen Europa und Asien wird nur an den Grenzsteinen deutlich. Auf der Straße der Deportierten von Perm bis Jekaterinenburg sehen wir ein Gelände wie im Unterharz, und selbst im mittleren Ural, wo sich harte Quarzitrippen über den einförmigen Waldteppich erheben, blickt unser Auge über ein gleichmäßig gestaltetes Mittelgebirge. Wir verstehen hier, daß das Uralgebiet keine natürliche Grenze zwischen Europa und Asien ist, sondern nur ein politischer, leicht überschreitbarer Grenzwall.

Noch viel eindrucksvoller wird uns die Eintönigkeit des russischen Gebietes, wenn wir von Finnland nach Süden bis zur Krim oder bis zum Kaspisee reisen und auf einer Entfernung von 2000 km aus dem Gebiet der nordischen Schneelandschaft allmählich bis an die Grenzen des Wüstengürtels gelangen. Überall begegnet uns dasselbe Volk mit seinen so fremdartigen Eigenschaften und überall derselben halbasiatischen Kultur. Nur die *Farbe der Böden* läßt uns erkennen, daß wir grundverschiedene Klimazonen kreuzen.

Die jeweilige Lage des Nordpols und der davon abhängigen Breitengrade prägt sich in der Verschiedenheit und Anordnung der grauen, braunen, schwarzen oder roten Böden deutlich aus; und wenn wir den Untergrund dieser Oberschicht genauer untersuchen, so können wir an der nachträglichen Entartung (Degradation) der russischen Böden auch erkennen, daß seit ihrer Bildung eine Verschiebung der Klimazonen erfolgt sein muß.

So ergibt sich, daß in einem topographisch ungegliederten, von tiefgründigen Lockerböden bedeckten Gebiete nur *das Sonnenklima und die von diesem bedingte Verteilung der Pflanzenverbände die Verteilung der Bodentypen bestimmt.*

Ganz andere Umstände beherrschen die Vorgänge der Bodenbildung im Herzen von Europa. Wir können zwar die letzten Ausläufer der russischen Schwarzerde bis zum Rheinland verfolgen; wir sehen auch im Vorland der Alpen den roten bayrischen *Blutlehm* und den lombardischen *Ferretto*. Aber von der Mauer der Alpen bis zu den baltischen und friesischen Böden am Meere dehnt sich ein vielgestaltiges *Bergland* mit zahlreichen, verschiedenartig gefärbten *Bodeninseln*.

Die Herrschaft der Klimazonen ist überall durchbrochen, und der topographische *Gegensatz von Berg und Tal* spielt eine viel größere Rolle bei der Bodenbildung als die geographischen Breitengrade.

So müssen wir uns auch bei einer Systematik der deutschen Böden von dem Schema der weiten russischen Ebenen freimachen und müssen uns fragen, welche bodenbildenden Eigentümlichkeiten innerhalb Deutschlands durch *die geologische Verschiedenheit* der Landschaft entstanden sind.

Der Gegensatz zwischen Bergland und Niederung ist nicht etwa durch eine allgemeine Auswaschung der letzteren aus einem früher gleichmäßigen Höhengebiet entstanden, sondern durch *Bewegungen der Erdrinde*, die wir *tektonisch* nennen.

Unter Erdbebenzittern bewegten sich einzelne geschlossene große *Massive* (Rheinisches Schiefergebirge, Sudeten, Böhmen) kleinere *Bergländer* (Schwarzwald, Odenwald, Harz) oder schmale *Erdrindenstreifen* (Teutoburger Wald, Thüringer Wald) nach oben, während *gleichzeitig* ähnlich um-

grenzte Gebiete um einen großen Betrag in die Tiefe sanken. Wir nennen sie *Gräben*, wenn sie, wie die oberrheinische Tiefebene oder das mittlere Elbtal, nur eine schmale Zone bilden; wir nennen sie *Buchten*, wenn sie, wie die Kölner Gegend oder das Elstergebiet, als randliche Fortsetzung eines größeren gesenkten Landes in das Bergland eindringen. Wir sprechen von *Becken*, wenn inmitten oder am Rande größerer Höhengebiete weite Flächen in die Tiefe brachen.

Aus diesen tektonischen Verschiebungen und der damit Hand in Hand gehenden *Abtragung* der gehobenen Erdschollen ergibt sich nun die überraschende Tatsache, daß wir auf den letzteren *die älteren* Erdschichten und in den Tiefen meist *die jüngeren Formationen* verbreitet sehen.

Aber es kommt auch vor, daß bei ursprünglicher ungestörter Lagerung der Erdschichten die älteren, meist gefalteten Ablagerungen in der Tiefe zu sehen sind und von den nur teilweise abgetragenen jüngeren Schichtenfolgen überlagert werden (Abb. 1).

Die meisten *deutschen Bergländer* sind also nicht regellos verteilt, sondern schließen sich zu tektonisch zusammenhängenden Höhengebieten zusammen, die man als *Schwarzwald*, *Vasgenwald*, *Odenwald*, *Böhmer Wald*, *Erzgebirge*, *Sudeten*, *Frankenwald*, *Thüringer Wald*, *Westerwald*, *Teutoburger Wald* unterscheidet, weil sie noch heute durch ihre *Bewaldung* ausgezeichnet sind. Auch wo die zunehmende Bevölkerung Deutschlands kleine und große Flächen ehemaliger Urwälder gerodet und in Ackerland verwandelt hat, zeigen uns die ehemaligen *braunen Waldböden* den Einfluß früherer Baumbestände.

Ihr Untergrund ist meist aus gefalteten Schichtenpaketen zusammengesetzt, die nach der Abtragung alter Faltenzüge in dem flachwelligen Gelände der Hochebene als schmale oder breitere Streifen von Südwest nach Nordosten ziehen. Härtere *Quarzitrippen* bilden arme Steinböden und sind daher oft noch heute mit Wald bedeckt; leicht verwitternde *Schiefer* erzeugten dazwischen tiefgründigere Böden und bedingen bessere Erträge.

Wo aber mitten in die Streifen der Schiefergesteine kleine

und große *Granitstöcke* eingeschaltet sind, verhindern die bei ihrer Verwitterung entstandenen Blockmeere, Quarzschuttböden und Granitsande (Abb. 25) die Ausbreitung der Bodenkultur.

Wir haben mehrfach darauf hingewiesen, daß die während der Diluvialzeit über ganz Deutschland herabsinkenden Staubmassen auf den Höhen nicht liegenbleiben konnten und langsam an den Gehängen herabglitten. Mit diesem kolloidalen Bindemittel bewegten sich auch die bei der Verwitterung des

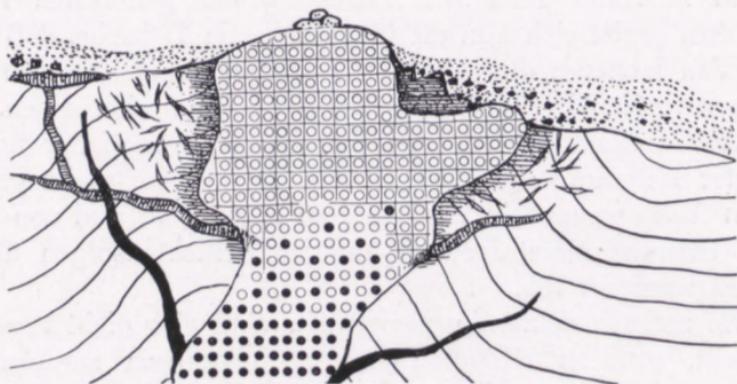


Abb. 25. Profil durch einen Granitstock, der nur teilweise herausgewittert ist. Sandige Böden bedecken seine Abhänge, zahlreiche Quarzgänge bilden groben Schutt, unter dem vereinzelte helle und dunkle vulkanische Gänge aufsteigen.

Untergrundes entstandenen Felsbrocken und Splitter an den Gehängen talabwärts.

Gleichzeitig aber wurde durch jeden Regenguß und bei jeder Schneeschmelze das feinpulverige Material herausgewaschen und weitergetragen als die größeren Einschlüsse, und so blieben diese an den Abhängen der Berge zurück, während die feinste Flußtrübe immer weiter nach den Tiefebenen wanderte.

Die wärmeliebenden Gewächse, die während und nach der großen Vereisung das deutsche Mittelland zwischen Elbe und Donau besiedelten, und die auf den großen Lößebenen verbreiteten Savannenpflanzen konnten in der Folgezeit nicht an den Bergabhängen hinauf, von denen der bewegliche

Boden mit seinem Pflanzenbestand beständig talabwärts vor-
drang, und so verschärfte sich immer wieder der tiefgreifende
Gegensatz zwischen den bewaldeten Böden unserer Bergländer
und den feinpulverigen Böden in den Niederungen bis zum
Ufer des Flusses.

Wir können hier nicht nochmals schildern, wie die Ge-
hänge und Lehnen der Bergländer von *Terrassen* gesäumt
werden, die der sich allmählich eintiefende Fluß hinterließ,
aber wir müssen hier die gemeinsamen Eigenschaften der
Talauen behandeln, die unbekümmert um ihren geologischen
Untergrund und um die geographische Lage von den Alpen
bis zur Meeresküste bodenkundlich große Übereinstimmung
zeigen.

Während im *Oberlauf der Flüsse* die schmale Talrinne
noch ganz abhängig von dem Aufbau des geologischen Unter-
grundes erscheint, werden die Böden des *Mittellaufes* immer
unabhängiger davon. Den kolloidalen oder feinpulverigen
Böden der *Flußau*e können wir nicht mehr ansehen, aus wel-
chem Gestein sie entstanden sind, und der Querschnitt durch
die hier gebildeten Talböden zeigt nur gelegentlich dünne
Zwischenlagen von gröberem gerundeten Gesteinsbrocken.

Im *Unterslauf* verschwinden auch diese, und die breite Nie-
derung, die bei jedem Hochwasser überflutet und mit neuem
Flußschlamm aufgefüllt wird, bietet uns immer wieder das
gleiche Bild.

Hier kommen alle die feinpulverigen Verwitterungsmas-
sen der Gebirge, gemischt mit den beständig herabfallenden
Staubmassen zur Ruhe, und ununterbrochene Übergänge ver-
mitteln zwischen dem Schutt des bewaldeten Berglandes, den
gelben oder braunen Böden des Mittellandes und dem dunk-
len Wattenschlick, der sich im Wechselspiel des Meeres fern
von seinem Ursprungsort ablagert.

Von jenen einst mit ununterbrochenen *Urwäldern bedeck-*
ten Höhengebieten werden eine Anzahl Landschaften um-
schlossen, die wir als geologische *Bodenbezirke* bezeichnen
wollen, denn die darin gebildeten Bodenarten vereinigen sich
zu natürlichen Gruppen, die unter denselben bodenbildenden
Umständen entstanden und untereinander nahe verwandt sind.

Die innerhalb dieser Landschaften gebildeten Lockermassen ergeben folgende systematische Anordnung:

1. Als *Bodengruppe* fassen wir alle *in demselben bodenbildenden Raum und unter denselben geologischen Umständen* neben- und übereinander auftretenden Böden zusammen.

Der Rahmen dieser Landschaft wird in der Regel durch höhere Bergzüge gegeben, deren Gesteinsaufbau die an ihren Abhängen und ihren Niederungen entstehenden Verwitterungsdecken und Lockermassen bestimmt. Hierbei spielen die durchströmenden Flüsse und die aus der Atmosphäre herabsinkende Lufttrübe sowie die Zersetzungsprodukte des bodenständigen Lebens die wichtigste Rolle.

Benachbarte Bodengebiete können ganz verschiedene Boden­gruppen enthalten, wenn die geologische Geschichte und die Hauptformen des Geländes andere bodenbildende Voraussetzungen schufen. Das Eintreten von Eisdecken oder Meeresbuchten in den bodenbildenden Raum erzeugen ebenfalls besondere Böden.

2. Die *Bodengattung* entspricht ungefähr den seit Th a e r unterschiedenen Böden von verschiedener Korngröße, Bindung und Fruchtbarkeit wie: Gehängeschutt, Blocklehm, Kies, Grand, Kornsand, Feinsand, Ton, Kalk und Moorerde. Sie treten in mannigfaltiger Mischung auf und sind das Endergebnis der *verwitternden und verfrachtenden Kräfte des Bildungsraumes*.

3. Als *Bodenart* bezeichnet man *die durch die Eigenart des Ausgangsgesteins* bestimmten Abweichungen innerhalb einer Bodengattung. Die Bodenart wechselt daher meist mit dem Aufbau des Untergrundes und der Reichweite der bodenverlagernden Kräfte.

4. Mit dem Begriff des *Bodentypus* bezeichnet man die *unter dem Einfluß des Klimas, der Lage, des Grundwassers und der Pflanzendecke* nachträglich entstandenen und entstehenden Abweichungen von den ursprünglichen Eigenschaften der Bodenart. Man unterscheidet demgemäß: *unreife, vollreife* und *gealterte Bodentypen*, denen wir die *entarteten* (degradierten) *Böden* hinzufügen. Sie werden durch das jeweils herrschende Klima mit seiner mittleren Jahreswärme,

den Wärmeextremen und den Niederschlägen bedingt und sind um so deutlicher ausgebildet, je mächtiger und gleichartiger der Ausgangsboden ist und je mehr eine ausgeglichene oder bergige Geländeform den Einfluß des Klimas regelt.

Bei andauerndem Klimawechsel findet man daher die verschiedenen Bodentypen nicht nur nebeneinander, sondern auch übereinander in den verschiedenen Tiefenzonen.

Die allgemeine Verbreitung der Böden wird sehr beeinflußt durch den Gegensatz von Gebirge und Ebene. Dort schimmert *das Mosaik des geologischen Untergrundes* durch eine verhältnismäßig dünne Bodendecke überall durch. Die in der feinkörnigen Grundmasse verteilten steinigen Einschlüsse erschweren die Bodenbearbeitung, die Besiedelung und den Ackerbau, so daß seit vorgeschichtlichen Zeiten der Wald die herrschende Pflanzenformation darstellt.

Im Gegensatz hierzu wuchs in den Niederungen die Masse des feinpulverigen Bodens, damit häufen sich die Siedelungen, und der Ackerbau wird die bestimmende Kulturform.

20. Die deutschen Bodenbezirke.

In den weiten Ebenen Osteuropas wird, wie wir sahen, die Verteilung der verschiedenen Böden durch den Verlauf der Klimagürtel bestimmt, die sich im Laufe der Jahreszeiten immer wieder verschoben und dadurch breite Zonen von Übergangsböden bildeten, die man als entartete (degradierte) Bodentypen unterscheidet. Der Nordsüd streichende Ural und die Westost gerichteten Gebirge des Balkans und des Kaukasus umgrenzen das unermeßliche Flachland.

Auch in Mitteleuropa würde man dieselben Bodenzonen, nach Breitengraden geordnet, weiter verfolgen können, wenn nicht mehrere geologische Ereignisse hier ein wesentlich verwickelteres Bild geschaffen hätten:

Die *Hebung der deutschen Mittelgebirge*, deren Umriß im Süden durch den Ostwest verlaufenden Fuß des Alpengebirges, im Westen durch die nahezu Südnord streichenden Randgebirge der oberrheinischen Tiefebene, im Osten durch den bewaldeten Rand der böhmischen Masse, dazwischen

durch Südost-Nordwest streichende Gebirgsrippen bestimmt wird, schuf eine Anzahl mehr oder weniger scharf umgrenzter *Becken*, deren Böden durch die geologische Eigenart ihres *Untergrundes* und ihrer *umrahmenden Gebirge* bestimmt werden. Einzelne breite Pässe durchschneiden die Gebirgszüge und ändern jedesmal auch die dort verbreiteten Böden.

Von größerer Bedeutung sind die breiten Niederungen, die sich in den *Senkungsfeldern der Nordsee und Ostsee* verlieren und hier unter dem Einfluß des Meeres eine Fülle neuer Böden erzeugen.

In eigenartiger Weise wurden aber die Böden der norddeutschen Tiefebene gebildet und umgebildet. Denn sie entstanden zunächst als *eisgetragener Schutfächer* am Rand des skandinavischen Schildes und dehnten sich nach West und Süd bis zu jener klimatischen Grenze aus, wo die warme interglaziale Sonne das Eis schmolz.

Als dann in diesem moränenbedeckten Gebiet das *Ostseebecken* einsank, wurde mitten durch die diluvialen Böden eine neue Grenzlinie gezogen, welche das Randgebiet der Moränendecken von ihrem einstigen Ursprungsland abtrennte und den ehemaligen Südrand der Vereisung zum Nordrand der eisgetragenen Böden machte.

So wirkten ganz verschiedenartige geologische Vorgänge zusammen, um die fast unübersehbare Mannigfaltigkeit der deutschen Böden zu erzeugen. Es ist daher sehr schwierig, dieses wechsellvolle Mosaik von Lockerdecken in größere Gruppen einzuteilen, und jeder dahingehende Versuch muß mit zahlreichen Grenzfällen rechnen, die ihre Abgrenzung erschweren. Auf beistehender Karte wurden die wichtigsten, einst mit dichtem Wald bedeckten Höhengebiete mit dunkler Farbe bezeichnet und durch kleine Sterne der Zug vulkanischer Berggruppen angegeben, der mitten durch Deutschland hindurchzieht. Einige landeskundliche Namen sollen die Orientierung erleichtern.

Wir stellen die *geologische Geschichte* der von Bergzügen umrahmten, fruchtbaren Niederungen für unsere Einteilung in den Vordergrund. Denn ebenso wie die Faziesgebiete des

Meeresgrundes werden auch die Bodengebiete des Festlandes auf *gemeinsamer geologischer Grundlage*, durch *gemeinsame klimatische Umstände* ausgebildet. Sie stehen daher in innerem wechselseitigem Zusammenhang und bestimmen nicht nur den geographischen Charakter der einzelnen deutschen

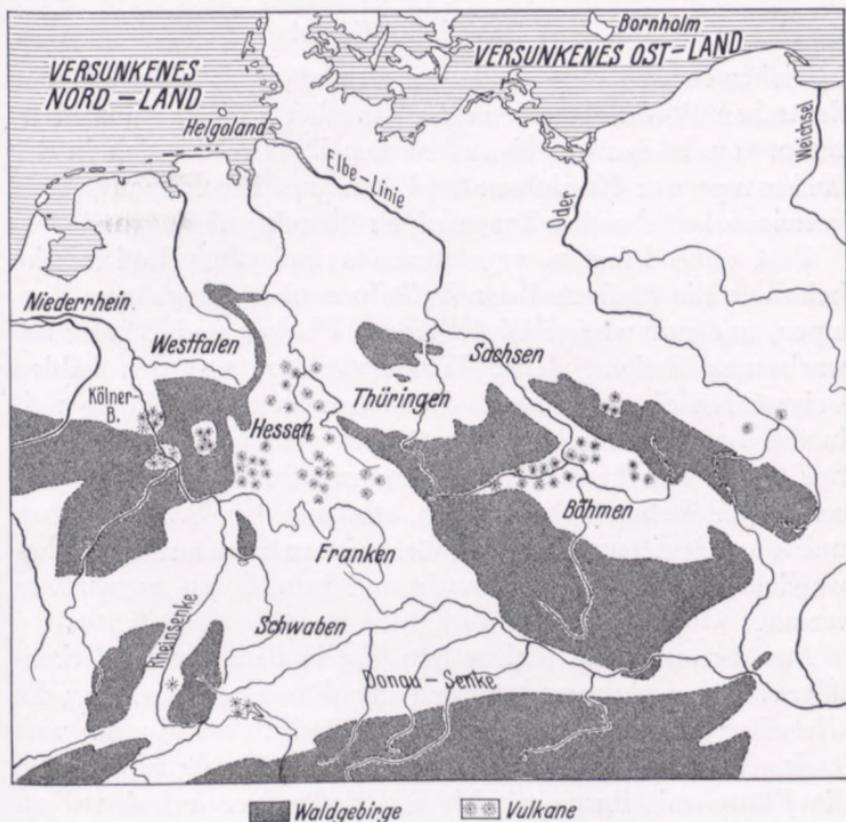


Abb. 26. Die deutschen Waldgebirge und das flache Land.

Landschaften, sondern auch die Eigenart ihrer Wildflora und der auf denselben Böden gedeihenden Nutzpflanzen.

Indem diese Pflanzenverbände durch ihren Stoffwechsel die Lockerböden beeinflussen und verändern, bestimmten sie auch die Lebensform der einwandernden Menschengeschlechter, und so wird die Vorgeschichte und die Geschichte der deutschen Stämme in grundlegender Weise beeinflusst von Boden und Lebensraum.

Während in den norddeutschen Niederungen die Bodenarten mit unscharf geordneten Gürteln aufeinanderfolgen, schaltet sich zwischen Süddeutschland und Oberitalien das felsige Alpengebirge ein und bildet für Klima, Lebewelt und Böden eine trennende Mauer.

a) Das alpine Gebiet

ist daher in gewissem Maße ein Fremdkörper innerhalb der deutschen Böden. Die deutsche Alpenkette besteht aus mehreren, vom Süden her überschobenen Decken, die sich in der Kalkmauer der Nordalpen und den aus kristallinen „Ur“-gesteinen bestehenden Zentralalpen übereinanderlegen.

Fast ohne Pforten, vegetationslos und ohne Bodendecke hebt sich die Steilwand der *Kalkalpen* über die grünen Vor-alpen, und nur wenige Gipfel tragen Flecken und Bänder bewachsenen Bodens. Jeder Windstoß trägt von den kahlen Felswänden die verwitterten Stäubchen ab und treibt sie weit in das Land hinaus. Jede Frostnacht erweitert die zahllosen Spalten in den harten Kalkfelsen und erzeugt durch Stein-schlag die hohen Schutthalden, die mit den Schneelawinen und den Gewitterregen talabwärts ziehen und auf deren beweglichem Boden kein Strauch und kein Baum zu wurzeln vermag.

Aus den schmalen Talfurchen, die in den Karen (Zirkustälern) enden, drangen während der diluvialen Vereisung die Gletscher hervor und trugen den Kalkschutt als Moräne weit in das Vorland hinaus. Vor und nach der Vereisung stürzten die Flüsse mit ihrem zerriebenen Kalkpulver auf denselben Wegen bis in die Ebene, und so breitete sich zwischen Rhein und Inn das Hügelland der oberschwäbischen und oberbayrischen Hochebene aus, das wesentlich aus *Kalkschutt* und mit Kalkmaterial verkitteten Kalkgeröllen besteht, in denen sich die Flüsse später enge Schluchten einschnitten.

Die hügelige Oberfläche dieses Moränenschuttes wird von kleinen und großen Senken unterbrochen, die in dem feuchtkühlen Klima mit *Mooren* erfüllt wurden. Wo die Gletscherzunge am Ausgang der Täler längere Zeit stillstand, um dann rascher abzuschmelzen, säumt ein halbkreisförmiger *Mo-*

ränenwall den ruhigen Alpensee, an dessen Boden sich *feiner Schlamm* aufschichtet.

Langsam senkt sich die Hochebene gegen die Donauniederung, wo sich der Felsenschutt allmählich in feinpulverige Böden verwandelt und die *Lößdecke* des nicht vereisten Gebietes fruchtbare Böden bedingt.

Wenn wir von diesen Kalkregionen nach Osten bis zum Inntal und nach Westen zur rheinischen Ebene vordringen, so beobachten wir am Bodensee wie in Oberösterreich fruchtbarere Böden. Denn die beiden Flüsse kommen aus den kristallinen Zentralalpen und trugen die Verwitterungsmassen von Gneisen und Schiefergesteinen heraus, die reicher an Nährstoffen sind als die Kalke.

Soweit die Alpenkette von Bäumen bewachsen ist, bildet sich im Schutze des Waldes derselbe *braune Boden* aus, der unter ähnlichen Bedingungen überall entsteht. Aber in der feinpulverigen Grundmasse sind so viele Gesteinbrocken enthalten, daß der Boden nur an wenig Stellen so tiefgründig ist, um durch die Hacke bearbeitet werden zu können.

Wasserreiche Böschungen bedecken sich aber dazwischen mit dem schwarzen Mattenboden, der als blumenreiches Weideland bis nahe an die Schneegrenze ausgenützt wird. Vielfach nehmen diese Böden den Charakter des *Rußbodens* (Rendzina) an, der bis metertief werden kann und durch die Überwehung mit kalkigem Föhnstaub ungemein fruchtbar wurde.

Wie alle Flüsse zur Donaussenke streben, so bewegt sich auch unter dem Einfluß von Wasser und Eis die Lockerdecke, von der Gebirgswand unterbrochen, bis zu den Ufern der Donau. Verlassene Flußtäler, zugefüllte Seen und zugewehte Senken bedingen fruchtbare Bodeninseln in dem flachwelligen Gelände, während kleine und große Waldflächen die Stellen anzeigen, wo der Wald nicht gerodet wurde.

b) Das süddeutsche Stufenland.

Im Westen vom Schwarzwald und Odenwald, im Norden vom Thüringer und Frankenwald, im Osten vom böhmischen Waldgebirge und im Süden von den Kalktafeln der Alb be-

grenzt, dehnt sich ein überaus fruchtbares Gebiet, dessen Böden durch die Gesteine des Untergrundes und die darüber gebreitete Lößdecke bestimmt werden. Der einst ununterbrochene Lößteppich ist von den Höhen abgewaschen, hat sich in den Niederungen an vielen Orten zu mächtigen Lößlagern angehäuft, und was das fließende Wasser des Neckars und Mains davontrug, das bildet heute den Meeresboden in der Nordsee.

Der geologische Untergrund tritt nicht nur überall geländebildend zutage, sondern bestimmt auch die Verbreitung vieler Bodenarten, deren Grundmasse aus der Tiefe stammt.

Trias- und Juragesteine, im Südosten auch Ablagerungen der Kreideperiode, bilden eine flache Schüssel, innerhalb deren ältere Gesteine hauptsächlich in der Mitte, die jüngeren aber am Rande verbreitet sind. Nur im Westen legt sich die Decke des Buntsandsteins bis hoch auf das Bergland des Schwarzwaldes, Odenwaldes und Spessart hinauf, um im gesenkten Kraichgau über das Rheintal nach der Pfalz hinüberzuziehen.

Darunter treten Gneise und Granitmassive zutage, die oft zu sandartigem Grus verwitterten. Der Boden ist reich an Kali und Magnesia sowie Phosphorsäure, aber die geringe chemische Verwitterung der nährstoffhaltigen Mineralien und die Höhenlage bedingen das Vorherrschen des Waldes.

Indem wir gegen die Ebene herabsteigen, kommen wir im Gebiet des Buntsandsteins auf Tonböden, die sich aber durch überwiegende Beimengungen von Quarzsand nur für den Waldbau eignen. Wir treffen hier hauptsächlich braune Waldböden, die oberflächlich oftma!s ausgelaugt und in tieferen Bodenlagen zu Ortstein verkittet wurden.

Die weite Ebene, die der untere Neckar und der Main durchfließt, steht ganz unter dem Einfluß der Lößablagerungen, die, mit den leicht verwitternden Steinen des Untergrundes gemischt, große Flächen fruchtbarster Böden bilden.

Gegen Osten und Süden ersteigen wir auf flachen Geländestufen die Schichtgesteine von der mittleren Trias bis zum oberen Jura und sehen an der Farbe der Landschaft den starken Einfluß des geologischen Untergrundes.

Über den fruchtbaren tonigen Gesteinen des oberen Buntsandsteines, der wegen seiner Farbe als *Röt* bezeichnet wird, erheben sich die meist mit Bergstürzen und Schutthalden überdeckten Abhänge des *Muschelkalkes*, die oft als dichtbewaldetes Band durch die Landschaft ziehen.

Auf der Höhe der Muschelkalktafel dehnt sich wiederum eine weite Ebene, die von grauen Letten oder von roten Tongesteinen gebildet wird, die überall fruchtbare Felder bilden.

Plötzlich beginnen wieder rote nährstoffarme Sandsteine, und ausgedehnte Kiefernwälder zeigen uns an, daß sich hier der Ackerbau nicht lohnt. Der Burgfelsen von Nürnberg und von Koburg haben als vorgeschobene Inselberge eine wichtige Rolle in der Siedlung des Landes gespielt. Denn bald durchschreiten wir wiederum eine fruchtbare *Zone schwarzen Bodens*, der durch seine Versteinerungen als das Verwitterungsprodukt des unteren oder „schwarzen Jura“ bestimmt wird.

Eine kleine Geländestufe, oft steinig und von Buschwerk bewachsen, ist durch *braune* Böden ausgezeichnet, und zwischen den Lesesteinen auf den nahen Äckern finden wir eine reiche Fauna von Meerestieren des mittleren oder braunen Jura.

Dann aber erheben sich die *weißen* Kalkmauern des oberen Jura, in deren dichtem Gestein meist alle organischen Reste zerfallen sind, aber in versteinerungsreichen Nestern den Sammler anlocken. Tiefe Höhlen durchziehen die weit ausgedehnte Kalkplatte, in die der darauf gefallene Lößstaub hineingeschwemmt und, vermischt mit den phosphorreichen Knochen der Höhlentiere (Bären, Hyänen, Fledermäuse), nährstoffreichen *Höhlenlehm* bildete.

Auf der wasserarmen Hochebene der Fränkischen und Schwäbischen Alb ist die einst darübergereitete Decke jüngerer, leicht verwitternder Gesteine bis auf wenige Reste (Albüberdeckung) weggewaschen und weggeblasen, und nur an vereinzelt Stellen sehen wir Reste des ehemaligen braunen Waldbodens oder der tiefschwarzen *Rußerde*.

c) Der Rheingraben.

Westlich vom Schwarzwald, dessen Gipfelgebiet fast über die Baumgrenze reicht, dehnt sich eine merkwürdige, von

Südsüdwest nach Nordnordost streichende Senke, deren mildes Klima und fruchtbarer Boden eine hohe Kultur bedingt. Ihr südlicher Teil wird als oberrheinischer *Graben* bezeichnet; er weitet sich im Rheingau und zieht dann durch die Wetterau in Nordnordost-Richtung weiter, bis er in dem fruchtbaren Land an der Fulda ausklingt.

Die geologische Einheit dieser „Grabensenke“ würde viel deutlicher werden, wenn nicht *Vulkane* auf ihrem Boden entstanden wären, die im Süden den kleinen Kaiserstuhl, im Norden aber den breiten Schild des Vogelsgebirges erzeugten, der das nördliche Gebiet der Wetterau in ein armes Waldland verwandelt. Vulkanische Ausbrüche gliedern auch die hessische Senke und klingen in zahlreichen einzelnen Basaltbergen an der oberen Weser aus.

Die Grabensenke zwischen Schwarzwald und Vogesen ist sehr alt. Einst floß darin ein salzreicher Fluß (Gegenrhein) aus Franken und Hessen gegen Süden und verdampfte in einem Salzsee, dessen kalireiche Niederschläge zwischen Mülhausen und Straßburg ein wichtiges Salzlager bildeten.

Dann schütteten die vom Wasgenwald und Schwarzwald herunterstürzenden Gewässer riesige Mengen von Gebirgsschutt über die Ebene. Aus dem Neckargebiet und der Pfalz, vom Odenwald, Spessart und Taunus kamen schutführende Ströme dazu, und so müssen die Schächte viele hundert Meter tief durch den Schutt der Rheinebene dringen, bis sie das tertiäre Salzlager erreichen.

Während der Diluvialzeit kehrte sich die Richtung der Flüsse um, und indem die tiefe Schlucht zwischen Bingen und bis Bonn entstand, wurden die Wässer aus Graubünden, Elsaß und Baden, Pfalz und Schwaben nach Norden gelenkt, und seitdem strömt ein *einheitlicher Rhein* von Basel bis zur Nordsee.

Die alten Seitenflüsse und zahllose kleine Rinnsale schütteten an den Rändern der Senke die Verwitterungsprodukte der Bergländer auf, und so entstand hier ein überaus fruchtbares Hügelgelände, das durch die Überdeckung mit diluvialem Löß noch verbessert wurde.

In der eigentlichen Rheinebene können wir die Böden des

Hochgestades von denen der Flußniederung unterscheiden. Dort herrschen braune Böden, auf denen, je nach der Lage, Wald, Weinberge oder Äcker gedeihen. Nach dem Strome zu nimmt die Mächtigkeit der Lehmdecke ab, und bald sehen wir zwischen bewaldeten Kiesrücken oder kaum genützten Dünensanden kleine und große Flächen eines kalkreichen Schlicks. Da diese Böden im Bereich des Hochwassers liegen, können sie nur im Schutze von Dämmen dauernd kultiviert werden. Wiesen und Auenwälder sind über die Ebene verstreut, und an manchen Stellen sind die feinkörnigeren Böden sogar in eine Art Schwarzerde verwandelt und sehr fruchtbar.

Wo sich die Rheinsenke am Fuß des Taunus verbreitert, dehnen sich auf dem sanft geneigten Vorland die Rebenkulturen aus. Am Scharlachberg bei Bingen stehen sie auf einem, mit dunklen Schieferstücken erfüllten, humusreichen Lehm-boden. Bei Kreuznach auf verwittertem, hellem Porphyry, bei Fürfeld auf dunklem Melaphyrboden, bei Nierstein auf tonigen Sandböden und bei Oppenheim und Ingelheim auf Löß.

Die Fruchtbarkeit der Wetterau wird wesentlich durch die mächtige Lößdecke bedingt, die vielfach metertief in *Schwarzerde* verwandelt ist.

Die Basaltdecken des Vogelsgebirges ändern plötzlich Gelände-gestalt und Boden. Wald bedeckt daneben das frucht-bare Ackerland, und erst im Norden des Waldlandes beginnt wieder ein fruchtbares Senkungsgebiet, wo die seit langer Zeit verwitternden und abgetragenen Basaltkegel und vulkanischen Aschen, mit Löß vermischt, ein fruchtbares Gelände bilden, das freilich oft unter dem Einfluß ausgedehnter Buntsand-steindecken wieder von Wald ersetzt wird.

Die vulkanischen Gesteine ziehen von hier nach Westen und bilden das Höhengebiet der Rhön, dessen Täler von schönen Buchenwäldern und fruchtbarem Ackerland bedeckt sind, während die von Basaltkuppen umgebenen Höhen mit ihren entwaldeten Rasenflächen zur Weide verwendet werden. Ausgedehnte Felsenmeere und zu blockreichem Tone verwitterte Basaltdecken bilden ein Hindernis für den Ackerbau.

Und doch liegt dieser arme Boden an einigen Stellen auf dem Grund einer antediluvialen Zeit, wo immergrüne Eichen,

Mimosen, Eukalypten und Zimtbäume um einen mit Lotosblumen geschmückten See wuchsen, in dem zahlreiche Fische und Amphibien zur Nahrung von Krokodilen dienten, und eine bunte Insektenwelt zwischen den Blättern und Blüten der tropischen Sumpfwälder lebte.

d) Das Rheinische Schiefergebirge.

Bei Bingen tritt der Rhein in ein gefaltetes Bergland, das durch lange Abtragung zwar bis auf seine Wurzel erniedrigt, aber doch wieder bis in solche Höhen gehoben wurde, daß sich darin fruchtbare Böden nur da sammelten, wo tiefe Senken mit tertiären Tonen, vulkanischen Aschen und mit Löß erfüllt sind.

Die schmale Rinne der Rheinschlucht mit ihren Städten und Burgen, ihren bewaldeten oder rebenbewachsenen Hängen läßt nicht erwarten, daß sich über ihr ein weites, flachwelliges, nur mit kargen Böden bedecktes Bergland ausdehnt, das vielfach mit großen Waldflächen bedeckt ist.

Denselben Eindruck gewinnen wir, wenn wir von den malerischen Seitentälern der Mosel oder der Lahn auf die Höhe steigen und im Gebiete steiniger Böden nur da größere Siedlungen finden, wo ein alter Bergbau den Wald gerodet und die Gegend urbar gemacht hat.

Aus der Zeit der alten Urwaldbedeckung stammen die weitverbreiteten braunen Böden, die durch die Entwaldung verändert und oberflächlich ausgebleicht sind. Die verschiedenartigen, im Schiefergebirge gefalteten und auf seiner Oberfläche in nahezu Ostwest gerichteten Streifen erscheinenden Gesteine des altzeitlichen Untergrundes spielen für die Bodenarten der Hochebene eine große Rolle.

Als unfruchtbare sandige und mit scharfkantigen Steinbrocken übersäte Zonen treten die devonischen Quarzite auf.

Graue, rötliche oder schwarze Schiefer bilden steinreichen Schutt, der nur durch wenig Grundmasse verbunden ist.

Weißer Quarzgänge überstreuen Wald- und Feldboden mit ihren harten Brocken, und nur wo die vulkanischen Grünsteine des devonischen Untergrundes vorherrschen, finden sich nährstoffreichere Böden.

Auch die vulkanischen Aschen, welche die Lavadecken des Westerwaldes umgeben, haben trotz der Höhenlage fruchtbares Land geschaffen, und man ist überrascht, in diesen Höhen dichtbesiedeltes Ackerland zu finden.

Westlich des Rheintales ragen die Vulkanberge der Eifel in noch größere Höhen, und so kommt es hier nur zur Ausbildung brauner waldreicher Böden.

Ganz andere Wirkungen haben dieselben vulkanischen Gesteine mit ihren feinpulverigen Bimssteinaschen und stark verwitterten Ablagerungen in der Senke von Neuwied und der Kölner Bucht. Hier haben sich die vulkanischen Verwitterungsmassen mit dem von allen Seiten herabgeschwemmten Löß zu den fruchtbarsten Böden vermischt, und der Reisende, der auf dem Dampfer von Mainz bis Köln den wiederholten grundsätzlichen Wechsel des Ufergeländes an der Bewachung der Böden und der Kultur verfolgt, kann hier eine Fülle von lehrreichen Betrachtungen anstellen.

Der Westerwald besteht, ähnlich wie das Neuwieder Becken, aus einer mit tertiärer Verwitterungsmasse und vulkanischen Gesteinen erfüllte Senke, doch reichen diese bis in solche Höhe, daß die Fruchtbarkeit der dort verbreiteten Böden durch ihre Lage vermindert wird. Die beim Ausbruch des Vulkans von Laach in die Luft getragenen Bimssteindecken und feinpulverigen Aschen haben das ganze Gebiet vom Rhein bis zur Lahn überstreut.

e) Die mitteldeutschen Senken.

Vom Niederrhein bis zur Oder können wir zwischen den gehobenen Bergländern eine Reihe von eingesunkenen Becken verfolgen, die zu den fruchtbarsten Gebieten von Deutschland gehören. Im Westen herrscht das ozeanische Klima, im Osten machen sich kontinentale Witterungszustände geltend. Flache und hohe Bergzüge bedingen ein ziemlich mannigfaltiges Klimabild, und auch der geologische Untergrund zeigt das Vorherrschen ganz verschiedenartiger Gesteine. Aber dennoch sind diese Bezirke von gleichmäßig hoher landwirtschaftlicher Kultur.

Die Ursachen hierfür sind von zweierlei Art:

Zunächst breitet sich von Flandern durch Westfalen, Hessen, Thüringen, Sachsen und Niederschlesien eine vielfach unterbrochene, aber ursprünglich geschlossene Lößdecke. Das feinpulverige, wasserhaltige, tiefgründige und in Schwarzerde verwandelte atmosphärische Pulver legt sich überall über die Niederungen, ist unter ehemaligem Waldboden in *Braunerde*, in den Flußauen in *Auenlehm* verwandelt, zeigt uns aber an den Gehängen oft in großer Mächtigkeit die ursprünglichen Eigenschaften des luftgeborenen Staubniederschlags der Diluvialzeit.

Nur selten sehen wir an den Aufschlüssen größere Baumwurzeln in die Lößdecke eindringen, dafür beobachten wir sehr häufig die von verwesenen Graswurzeln herrührenden Wurzelröhrchen, und bei dem vollkommenen Fehlen aller wasserlebenden Tiere sehen wir Nester von kleinen Schnecken-schalen, wie sie noch heute auf *trockenem* Gelände leben, und gelegentlich die Knochen und Zähne von Steppennagetieren, Wildpferden und Raubtieren, wie sie noch heute in den Steppen von Osteuropa verbreitet sind.

Die vereinzelt Reste einer früher geschlossenen Decke von Schwarzerde finden sich besonders da, wo auch jetzt das Klima niederschlagsarm ist, und so wurde dieser durch ganz Deutschland hindurchreichende Gürtel des waldfreundlichen Staubniederschlags zur großen Wanderstraße, die immer eisfrei blieb, während von Norden und Süden die lebensfeindlichen Gletscher heranrückten.

Und damit kommen wir zur Erklärung der merkwürdigen Tatsache, daß in dem Gebiet der mitteldeutschen Senken *uralte Kulturen* entstanden sind und sich trotz allen Klimawechsels dauernd erhalten konnten.

Die Pflanzenwelt der niederländischen Gebiete und die Flora der südrussischen Steppen, die Tierwelt des Westens, Nordens und Ostens konnte sich mit den wandernden Menschensippen auf diesem fruchtbaren, offenen Gelände ansiedeln und dauernd halten, so daß wir überall den Zeugen rationeller Bodenkultur begegnen.

Untrennbar von den Landschaften am Niederrhein dringt

von Westen die *Westfälische Bucht* in das Bergland des Teutoburger Waldes und des Sauerlandes ein. Schon während der Kreideperiode wurde das Gebiet vom Meere überflutet, und die Grünsande, die im Süden zutage treten, bestimmen das Städtebild der mittelalterlichen Bauten von Soest. Nach dem Innern des westfälischen Beckens folgen buntgefärbter Flammenmergel und weiße Kreidekalke, die sich am Beckenrand des Teutoburger Waldes wieder steil herausheben.

Während der Vereisung wurde ein großer Teil des Gebietes mit einer dünnen Decke weißgrauen Geschiebelehmes überkleidet, dann aber breitete sich darüber der tonige oder sandige gelbe Löß, der die Fruchtbarkeit der sogenannten „Roten Erde“ bestimmt.

Aus ihm entstanden bei der weitergehenden Senkung des Beckens die *moorigen* Böden in der mittleren Niederung und durch Überwehung mit *sandigem* Material die unfruchtbaren Flächen der Senne.

Indem wir das Eggegebirge überschreiten, treffen wir in der Weserniederung unter der Lößdecke, zwischen den einzelnen Inseln von Jura- und Kreidesteinen, weite Flächen mit *Buntsandstein* und *Muschelkalk*, die sich nach Osten in der Thüringer Senke zwischen Harz und Thüringer Wald weiter ausdehnen.

Ihre Unterlage besteht aus dem salzföhrnden Zechstein, der viele *Solquellen* zutage bringt und als weiße Felsenmauer in den *Gipslagern* des Harzrandes und des Thüringer Waldes hervortritt. Weite Flächen sind von Buntsandstein unterlagert, aber darüber steigt immer wieder die Wand der Muschelkalkhöhen empor, und aus den Verwitterungsprodukten dieser leicht zerfallenden Gesteine, gemischt mit dem abgeschwemmten Löß, bildete sich die fruchtbare Erde, welche den hochstehenden Landbau bedingt.

Im Osten der Saale tritt unter der Lößdecke auf weiten Flächen das braunkohlenföhrnde Tertiär auf. Einzelne Felsengebiete von permischen Porphyren und Klippen des altzeitlichen Schiefergebirges sind am Südrande der sächsischen Niederung zu sehen. Bald dringt auch die Decke des nordischen Moränengebietes immer weiter über den tertiären

Untergrund hervor, aber fast ununterbrochen läßt sich das fruchtbare *Lößband* weit nach Osten durch die Lausitz und das Odergebiet verfolgen.

Eine wichtige Rolle in den bodenbildenden Vorgängen des mitteldeutschen Lößgebietes spielt der *Harz*, der, aus den Tiefen der Erdrinde emporgepreßt und über sein nördliches Vorland hinweggeschoben, von der Weser bis über die Elbe hinaus ein Bergland erzeugt hat, das wegen seiner verwickelten Lagerungsverhältnisse berühmt ist. Zwar heben sich die darin auftretenden alt- und mittelzeitlichen Gesteine nur in flachen Bodenwellen über die lößbedeckte Ebene hervor, aber die verschiedenartigen, tonigen, kalkigen und sandigen Gesteine des Untergrundes, die sich mit den Abschwemmungsprodukten des Löß in der mannigfaltigsten Weise mischen, erzeugen ein buntes Bild von fruchtbaren Bodenarten.

Die vorwiegend von Westen kommenden wasserbeladenen Luftströmungen gelangen im Hochgebiet des Oberharzes mit über 1000 mm zum Niederschlag, und im Windschatten des Harzes findet sich eine niederschlagsarme Zone von nur 500 mm, in der die Oberfläche der Lößlager vielfach von kolloidalem Humus zu *Schwarzerde* gefärbt ist. Das größte Schwarzerdegebiet findet sich in der Börde westlich von Magdeburg, aber kleinere Inseln des fruchtbaren Bodens sind über das ganze Tiefland verstreut.

f) Der niederländische Bezirk.

Ganz Norddeutschland war von der Maas bis zur Memel und nach Süden bis zum Sauerland, dem Harz und den Sudeten unter den gewaltigen Eisdecken begraben, die von der Eisscheide in Norwegen über den Boden der Nordsee bis nach England und über das noch landfeste Gebiet der Ostsee bis nach Polen vordrangen.

Aber während das Eis schmolz, trennte sich das vom Rhein, Ems und Weser bis zur Elblinie gelegene Gebiet von dem östlichen Moränengelände. Wir müssen daher beide Landschaften vom geologischen wie vom bodenkundlichen Standpunkt scharf voneinander trennen.

Das einst von den Friesen und Niedersachsen bewohnte

westliche Gebiet setzte sich bis in die Mitte der Nordsee in ein niedriges Vorland fort, das von den Abflüssen zwischen Rhein und Elbe durchflutet war. Hier mündeten schon die uralten Schmelzwasserströme, die an dem langen Eisrand entstanden, gemischt mit den Wassermassen, die aus den eisfreien Gebieten West- und Süddeutschlands kamen. Aber die Meeresküste lag 400 km weiter nördlich. Der Ärmelkanal war noch landfest und drängte den Atlantischen Ozean weit nach Westen. So herrschte hier ein warmes Klima, und zwischen den Sümpfen und Wäldern lebten große Elefantenherden.

Durch die Öffnung des Ärmelkanals und das Vorschreiten der Nordsee, das sich bis in historische Zeit fortsetzt, kam das Klima von Nordwestdeutschland immer mehr unter den Einfluß des Ozeans, und die atlantische Klimaperiode hat gerade hier tiefgreifende Veränderungen in den Lockerböden hervorgerufen.

Tiefgreifende Verwitterung löste und lockerte alle leicht zerfallenden Bestandteile der Grundmoräne. Die starken Niederschläge begünstigten deren Zerfall, und die großen Wassermassen der Elbe, Weser, Ems und des Rheins wuschen die tonigen Bodenbestandteile aus.

So blieb von der nordischen Grundmoräne, die einst, mehrere hundert Meter mächtig, mit ihren Stirnwällen und ihren regellos gruppierten Hügeln ein Landschaftsbild erzeugte, ähnlich wie wir es noch heute östlich der Elbe beobachten, nur eine ausgeglichene flachwellige Ebene übrig. Regellos verstreut liegen die erratischen Blöcke, regellos verteilt die aus der Moräne ausgewaschenen Sandbänke, und mit ihnen, durch sandige Rinnen verbunden, füllten sich alle Senken und Flußniederungen mit feinem Marschenschlick.

Noch bedeckte dichter Busch und Hochwald alle steinig und sandigen Flächen, aber während sich der Boden senkte, trat das Grundwasser sumpfbildend hervor. Der Laubwald ertrank, und riesige Moore wuchsen in dem feuchten Nebelklima.

Der Stoffwechsel der Baumwurzeln hatte den braunen Waldboden bald ausgelaugt. Ortstein und andere Verkitzungszonen wuchsen im Untergrund, und so verwandelte sich allmählich das Land und mit ihm die Böden in heidebewach-

sene Höhen und sumpfige Tiefen, deren weicher Moorboden jeden größeren Durchzugsverkehr erschwerte. Alte Bohlenwege, von jüngeren Mooren überwachsen, sind überall zu verfolgen.

Während der heutige Nordseeboden vom Meere überflutet wurde und kräftige Gezeitenströmungen durch den Ärmelkanal bis in die Nordseebuchth hereindrangen, bildete sich im Küstengebiet ein neues Ufergelände. Die bei Ebbe trocken liegenden Sandbänke wurden vom Winde nach der Küste getrieben. Das Wellenspiel unter den vorherrschenden Westwinden bewegte den gewaschenen Quarzsand in unaufhörlichen Zickzacklinien (Wandersände) nach Osten, und so wuchs von dem Vorsprung der Zuidersee die lange Kette der westfriesischen Inseln von Texel bis Rottum, dann die Reihe der ostfriesischen Inseln von Borkum bis Wangeroog, an die sich längs der jütländischen Küste die nordfriesischen Inseln von Nordstrand bis Sylt und Fanö anschließen. Die meisten dieser Inseln lassen einen älteren Kern erkennen, an den sich die Wanderdünen ansetzten.

Die heute durch schmale Meeresstraßen getrennten Inseln waren in der Vergangenheit zu einem immer wieder durchbrochenen, sandigen Küstenland verbunden, in dessen Schutz die Flüsse ihren Schlamm ablagerten, dessen Schichten an manchen Stellen so lebhaft wuchsen, daß aus dem Wattenmeer flache Halligen hervortauchten, die freilich nur ein vergängliches Dasein führen.

So verschwand allmählich, seitdem die Eisdecken das Flachland verlassen hatten, unter dem Einfluß von Veränderungen des Meeres und Verlagerung der Flußmündungen der ursprüngliche Charakter des *Landes der alten Moränen*, und heute kann der Bewohner nur durch kostspielige Strandbefestigungen die Ufer der Inseln, nur durch lange Dämme das niedrige Land gegen den Angriff der Meeresbrandung schützen. Da die Senkung des Bodens auch heute noch weiter geht, andererseits der Unterlauf der großen Flüsse immer mehr versandet, läßt sich das frühere Landschaftsbild nur mit großer Mühe erhalten.

Zwischen 1180 und 1280 brach die Zuidersee ein. Bor-

kum, Juist und Norderney bildeten einst die große Insel Bant, die im Jahre 1362 durch die Marzellusflut endgültig zerrissen wurde. Gegen 1413 entstand der Dollart, bald darauf der Jadebusen, und wenn man in alten Berichten liest, daß eine Sturmflut am 11. Oktober 1634 gegen 15 000 Menschenleben vernichtet hat, so kann man ermessen, welchen dauernden Kampf der Siedler gegen übermächtige Naturkräfte führen mußte.

Ganz eigenartige Bodengürtel entstanden auf der Jütischen Halbinsel dadurch, daß auf ihrem Rand das Binneneis lange Jahrtausende hindurch stehenblieb. Beim weiteren Zurückschmelzen bildete sich auf der Ostseite das von schmalen Förden zerschnittene hügelige Moränenland, daran legten sich die angeschwemmten Sande des Geestbodens, und nach der Nordsee folgt der Gürtel fruchtbaren Marschlandes, der sich allmählich in die dunklen Schlickablagerungen der Watten verwandelt, die sich, durch hohe Dünen vor der starken Brandung geschützt, im Wechselspiel von Flut und Ebbe bildeten und immer wieder umgestalten.

g) Der ostelbische Bezirk.

Der geradlinige Verlauf der Elbe in südost-nordwestlicher Richtung von Havelberg bis Hamburg und weiterhin über Kuxhaven bis Helgoland deutet darauf hin, daß darunter in der Tiefe eine wichtige geologische Trennungslinie liegt, und auch die Geschichte Norddeutschlands während der großen Vereisung läßt uns erkennen, daß das heutige Ostseegebiet die Mittelzone einer großen Schüssel darstellt, deren Ränder durch Schleswig-Holstein bis Hamburg nach Süden, dann nach Südosten umbiegend, bis zur Weichel umgrenzt werden.

Wir müssen die nach der Diluvialzeit erfolgte *Hebung von Skandinavien* und die *gleichzeitige Senkung der Ostseeebnung* als einheitlichen Vorgang betrachten, um zu verstehen, welche Veränderungen dadurch in Ostelbien veranlaßt wurden.

Schrittweise zogen sich zwischen 20 000 und 2000 v. Chr. die Eisdecken nach Norden zurück (Abb. 27) und hinterließen bei ihrem Schmelzen ein regellooses Hügelland von steinigen,

sandigen und tonigen Böden, das sich rasch mit Wald, Buschwerk, Heide und Sumpfpflanzen überzog.

Das nach der Vereisung wieder einsetzende warme Klima begünstigte das Wachstum des Waldes, und so entstand als herrschender Bodentyp ein *rotbrauner Waldboden* bis nach Schlesien und Ostpreußen.

Der Stoffwechsel der Baumwurzeln änderte aber im Laufe der Jahrtausende die Oberschicht des Bodens, erzeugte mehr

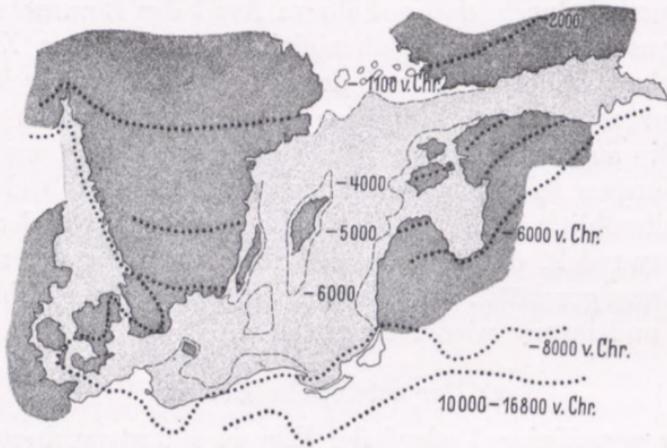


Abb. 27. Blockwalle der baltischen Endmoränen. Verwachsene Reste von nordischen Blockwällen lassen den Rückzug des Binneneises aus Nord-europa schrittweise verfolgen. Die Bänderung (Warven) in den Absätzen von Stauseen, sowie Pflanzenreste und die Zeugen vorzeitlicher Kulturen ermöglichen eine ungefähre Zeitbestimmung nach Jahrtausenden (nach der Zusammenstellung von K. Richter, Greifswald 1933).

oder weniger gebleichte Aschenböden, und in der Tiefe schieben sich Ortsteinlagen aus.

Das heute unter dem Spiegel der Ostsee versunkene Land werden wir im nächsten Abschnitt betrachten. Hier müssen wir nur hervorheben, daß die Einsenkung des Ostseebeckens das Netz der norddeutschen Flußläufe wesentlich veränderte. Kleine Zuflüsse wurden immer wasserreicher, schnitten sich tiefer ein und lenkten endlich das hydrographische System der Weichsel und Oder, das vorher in die Elbe gemündet hatte, nach Norden ab. Deutlich erkennen wir noch an dem

Oderknie bei Freienwalde und dem Weichselknie bei Bromberg die Wirkung dieser Vorgänge.

Bis 200 m hoch bedeckten die nordischen Schuttmassen das vielgestaltige Gelände eines aus Trias-, Jura- und Kreidesteinen aufgebauten Untergrundes.

Das zurückschmelzende Eis hinterließ eine wechselnde Anzahl von Stirn- und Seitenmoränen, die sich heute noch als flache, meist bewaldete *Blockwälle* dahinziehen und nur auf den Karten zu langen Girlanden von Stillstandslagen verbunden erscheinen.

Wo das Eis längere Zeit stillstand, bildeten sich an seinem Rande ausgedehnte *Sandfächer*, die leicht zu flachen Dünen aufgehäuft in das Vorland hinauswanderten. In stillen Senken entstand aus den tonigen Bestandteilen der Grundmoräne ein wohlgeschichteter *Bänderton*. Abflußlose Becken bildeten kleine und große *Moore*, und dazwischen erhoben sich regellos verteilt oder in parallelen Gruppen sandige Hügel.

Die zur Ostsee abströmenden Flußläufe verbreiterten und vertieften ihre Rinne und erfüllten sie mit fruchtbarem *Auelehm*, und so finden wir fruchtbarstes Ackerland dicht neben nährstoffarmen Sandböden.

Bewässerung und Lage erhöhen die Mannigfaltigkeit der Bodenarten und schufen für Ostelbien verschiedene Kulturbedingungen gegenüber dem niedersächsischen Tiefland.

In den äußeren Randgebieten der Moränenlandschaft entstand daneben und darüber eine ausgedehnte Lößdecke, so daß hier zwischen dem bewaldeten Bergland im Süden und der Moränenlandschaft im Norden ein Streifen überaus fruchtbarer Böden entstand.

Ganz anders waren die Schicksale des von der eindringenden Ostsee neugebildeten *Küstenstreifens*.

Hier traten aus dem glatten Spiegel des Meeres die Felsenrippen des Untergrundes und das flache Hügelland der Moränendecke in einer buchtenreichen Meeresküste zutage. Dieselben Westwinde, die an der Nordseeküste die lange Kette der friesischen Inseln erzeugt hatten, bildeten im Spiel der Wandersände auch an der neuentstehenden Ostseeküste kleine und große Sandfahnen, die zunächst als Sandbänke

unter dem Wasserspiegel, dann als wachsende Dünen über demselben heraustraten. Sie verbanden das Gerippe der Kreideklippen von Rügen mit sandigen Brücken, die Felsen von Usedom und Wollin zu einer einheitlichen Küstenlinie, trennten im Osten das Delta der Oder durch die Frische Nehrung von der Danziger Bucht ab und legten sich in der Kurischen Nehrung vor das Mündungsgebiet der Memel.

Da die Ostsee keine Ebbe und Flut zeigt, konnte hier nicht, wie an der Nordsee, die sandige Geest von dem schlammigen Marschland und das Gebiet der Halligen von den hohen Sanddünen geschieden werden. Aber hier wie dort hat die Senkung des Meeresgrundes und der vorwiegende Westwind ähnliche Wirkungen ausgelöst.

21. Versunkenes Land.

Die Flußniederungen und die Ufer der Binnenseen waren stets die natürlichen Wanderwege landsuchender Sippen. Denn das süße Wasser bot für Menschen und Wild den lebensnotwendigen Trank, erzeugte fruchtbare Grasfluren und lockte eiweißreiche Jagdbeute an.

Das durch die Geländegestalt bedingte *Gefälle des Wassers von Berg zu Tal* war jedem Uferbewohner vertraut, und wenn das Hochwasser auch einmal das Ufergebiet überschwemmte und vorübergehend unbewohnbar machte, so wußte doch der Siedler, daß das trinkbare Wasser wieder in seine Grenzen zurücktreten und die nach dem Meere gerichtete Stromlinie wiederherstellen würde.

Es mußte daher für die Menschen der Vorzeit ein ganz seltsames Ereignis sein, als *das Flußwasser ihrer Heimat plötzlich salzig und ungenießbar* wurde und sich *die Flut dem Gefälle entgegen landeinwärts* drängte. Nicht etwa im vorübergehenden Wechselspiel von Flut und Ebbe, sondern als dauernde *Überflutung des vorher besiedelten*, fruchtbaren Landes mit ungenießbarem Salzwasser.

Wir Menschen der Gegenwart können uns keine rechte Vorstellung machen, was es für die ältesten Menschen bedeutete, wenn ihr Lebensraum durch das Ansteigen des Meeres

gegen den Strom dauernd verkleinert und mit salzigem Wasser überflutet wurde.

Wie wir in einem früheren Abschnitt schilderten, wurden während der großen Vereisung so ungeheure *Mengen von verdampftem Meerwasser* als mächtige Schnee- und Eisdecken auf den Festländern von Nordamerika und Nord-europa und vielen Höhegebieten aller Kontinente für Jahrtausende festgehalten und gespeichert, daß man daraus berechnen konnte, wie dadurch der Meeresspiegel *auf der ganzen Erde* um etwa 70 m *sinken* mußte.

An felsigen Steilküsten änderte sich dabei die Fläche des trockenen Landes nicht viel, aber überall, wo ein flaches Gelände zwischen Festland und Meer vermittelte, entstand während der Bildung der diluvialen Eisdecken ein neues breites, flaches *Küstenland*; *Inselgruppen wurden mit dem Festland verbunden und untermeerische Brücken wurden landfest.*

Wenn wir von diesem Gesichtspunkt aus die tiergeographischen Beziehungen der Inseln zum benachbarten Festland oder der Verteilung der Untiefen, die von einem Kontinent zum anderen führen, betrachten und bedenken, daß fast alle größeren Inseln und alle Kontinente neben ihrer *bodenständigen* Tierwelt auch *eingewanderte* Formenkreise enthalten, dann kommen wir zu dem Schluß, daß die letzteren auf jenen Brücken einmal eingedrungen sein müssen.

Als aber beim allgemeinen Abschmelzen der Eisdecken diese trockengelegten Flachküsten und Landbrücken von den zum Weltmeer zurückflutenden Schmelzwassern dem Festland wieder entrissen wurden, blieben die Einwanderer von ihrer ehemaligen Heimat *abgeschnitten.*

Während der Diluvialzeit zog eine (Abb. 3) Landbrücke von Marokko nach Spanien und von Tunis nach Sizilien. Afrikanische Elefanten, Löwen, Hyänen und Menschensippen wanderten aus Afrika nach Europa und mischten sich mit der hier lebenden nordischen und asiatischen Lebewelt.

Frankreich war landfest mit England, dieses mit Irland und Dänemark verbunden, und keine Wasserfläche trennte das norddeutsche Hügelland von den skandinavischen Hochgebirgen.

Eine der tiergeographisch wichtigsten versunkenen Brücken führte von Ostasien über das *Beringsmeer* nach Nordamerika und ermöglichte die Einwanderung asiatischer Elefanten und Menschenrassen nach Kanada, den Vereinigten Staaten und Mexiko.

Über die *Sundabrücke* wanderten primitive Menschenrassen nach Australien und von hier über die *Baßstraße* nach Tasmanien, und die Singhalesen zogen von Südindien nach Ceylon über die *Adamsbrücke*.

Um die ganze Erde verfolgen wir also, wie das Meer am Ende der Diluvialzeit ansteigt und besonders an den großen Flüssen Hunderte von Meilen in das Land hineindringt. So kann man wohl verstehen, daß in der Erinnerung vieler Völker die Sage von einer *großen Sintflut* zurückgeblieben ist, die wir auf diese große postdiluviale Vermehrung des Ozeanwassers zurückführen, bei der das Meer die Flußniederungen *überschwemmte*, das süße Wasser *versalzte* und *gegen den Strom* unwiderstehlich vordrang.

Auch im Persischen Golf vollzog sich derselbe Vorgang, indem das von Euphrat und Tigris durchströmte Flachland zunächst beim Rückzug des Meeres beständig wuchs und, von dem fruchtbaren Schlamm der großen Ströme bedeckt, ein günstiges Siedlungsland für die Völker des Morgenlandes wurde. Als dann nach der Vereisung das Meer wieder anstieg, erlebten die Urbewohner Mesopotamiens den seltsamen Vorgang, daß das Meer, nachdem es die Küstendünen durchbrochen hatte, in stürmischem Andringen fruchtbares Land überflutete.

Im *Genesis*-bericht ist diese Katastrophe niedergeschrieben worden und hat mit der Bibel das Denken vieler Generationen aller Nationen beeinflußt.

Wenn wir diesen Bericht, der um das Jahr 3000 v. Chr. von verlorengegangenen älteren Dokumenten der sumerischen Zeit abgeschrieben wurde, seines dichterischen Gewandes entkleiden, dann besagt er, daß *die Flut vom Meere kam und die Arche mit ihren Bewohnern flußaufwärts trug, bis sie an einer aus dem Wasser aufragenden Insel verankert werden konnte*.

Bis in die Sagenwelt der Römer können wir interessante Einzelheiten dieses uralten indogermanischen Flutberichtes verfolgen. Wir lesen bei Horaz:

„Angst ergriff das Volk, als mit ihrem Schrecken

Die Sintflut Pyrrhas von neuem drohte —

Als der Meergott seine Robben auftrieb, die Berge zu schauen,

Als die Fischbrut hing in der Ulme Wipfel,

Den die Tauben sich sonst zum Neste erkoren;

Und der scheue Hirsch

Auf den hochgetürmten Wogen dahinschwamm . . .“

Hätte Horaz Sardinien zwischen Ölbäumen von Delphinen jagen lassen, so könnte man annehmen, daß seinem Gedicht alte Sagen aus dem Mittelmeer zugrunde liegen — aber Ulmen und Robben lassen uns deutlich erkennen, daß *diese Sage aus dem Norden* stammt.

Noch viel offenkundiger wird der Einschlag nordischer Erinnerungsbilder in der Sagenwelt des Morgenlandes, wenn wir die heiligen Schriften der indogermanischen Perser, die *Zendavesta*, in den Kreis unserer Erwägungen ziehen:

Im zweiten Buch sind uns Bruchstücke aus den Schicksalen des Göttersohnes Jima erhalten, der „das Heimatland der berühmten Arier beherrschte“ und dem die Götter folgende Botschaft verkündeten:

„Die böse Menschheit soll ein Winter vertilgen; ein harter, „erstarrender Frost wird eintreten, und auf den höchsten „Bergen ebenso wie auf den Niederungen wird überall Schnee „fallen.

„Vor dem Winter trug das Land reiche Weide, jetzt aber „wird, wenn der Schnee geschmolzen ist, ein großes Wasser „kommen, und ein See wird da erscheinen, wo der Standort „der Herden und des Kleinviehes war.

„Mache dir eine Burg von der Länge eines Rosslaufes im „Geviert und richte sie ein zur Wohnung für die Menschen „und zur Stallung für das Vieh. Leite Wasser dahin, lege „Straßen an und baue Häuser mit einem ringsum laufenden „Wall.

„Dorthin bringe einen Stamm von allen Männern und Wei- „bern, welche auf Erden die größten, besten und schönsten

„sind. Dorthin bringe den Keim von allen Gewächsen, welche
„auf Erden die größten und wohlriechendsten sind. Dorthin
„bringe Samen von allen Früchten, welche die schmackhaf-
„testen sind.

„Dort soll es weder Streitsüchtige, noch Lästere, noch
„Grobiane geben; weder Verfehlung noch Not und Trug;
„weder Zwerge noch Krüppel; weder Zahnlückige, noch
„Riesenhafte an Körperwuchs, noch sonst eines von den
„Malen, welche der böse Geist den Menschen aufprägt.

„Und Jima legte neun Brücken nach der Vorderburg, sechs
„nach der mittleren und drei nach der hinteren Burg, und
„führte in die vordere Abteilung einen Stamm von 1000 Men-
„schen, in die mittlere von 600 und in die letzte von 300. Er
„trieb sie mit dem goldenen Stab in die Burg hinein und
„schloß das Tor und das sonnenlichteinlassende Fenster.“

Wenn wir diesen Bericht naturwissenschaftlich zergliedern,
dann erkennen wir zuerst, daß er aus einem Lande stammt,
dessen fruchtbare Fluren von viehzüchtenden Menschen be-
wohnt waren, die nahrhafte Feldfrüchte und schmackhafte
Früchte zogen und in dem unerwartet eine kalte Frostzeit mit
ungewöhnlichen Schneefällen hereinbrach.

Auf einer über der weiten Ebene aufragenden *Felsenhöhe*,
groß genug, um einen ganzen Stamm mit Vieh und Vorräten
aufzunehmen, aber von unebener Oberfläche, so daß von
einem Gipfel zum anderen *Brücken* geschlagen werden muß-
ten, gab es natürliche Wasservorräte, die in die Burg geleitet
werden konnten; hier legte der *Herr des Landes* eine Festung
an und füllte sie mit einem nach *eugenischen Grundsätzen*
ausgewählten Teil seines Volkes, sowie mit *Zuchttieren, Saat-
gut und Früchten*. Er trieb sie *mit Zwang* hinein und trennte
drei Gruppen seiner Untertanen räumlich voneinander.

Betrachten wir jetzt, welche geologischen Ereignisse im
Norden von Europa mit diesen Schilderungen aus der Vorzeit
indogermanischer Stämme in ursächliche Beziehung gebracht
werden könnten. Das geographische Bild Nordeuropas, das
wir in Abschnitt 4 geschildert und in der Karte, Abb. 3,
dargestellt haben, hatte sich durch die diluviale Vereisung
grundsätzlich verändert. Der vorher weite Raum, der sich un-

unterbrochen von Frankreich und Irland bis nach Rußland dehnte, von Pflanzen reich bewachsen, von Tieren besiedelt und von vereinzelt Menschensippen durchwandert, wurde durch die riesigen Eis- und Schneedecken etwa auf die Hälfte seiner Fläche eingengt. Der Wechsel glazialer Eisvorstöße und interglazialer Abschmelzperioden änderte immer wieder jene Grenzen, aber durch die Verengung des Lebensraumes wurde die Lebewelt teilweise vernichtet, teilweise nach Osten und Westen abgedrängt. Die Alpenmauer hinderte ihr Zurück-

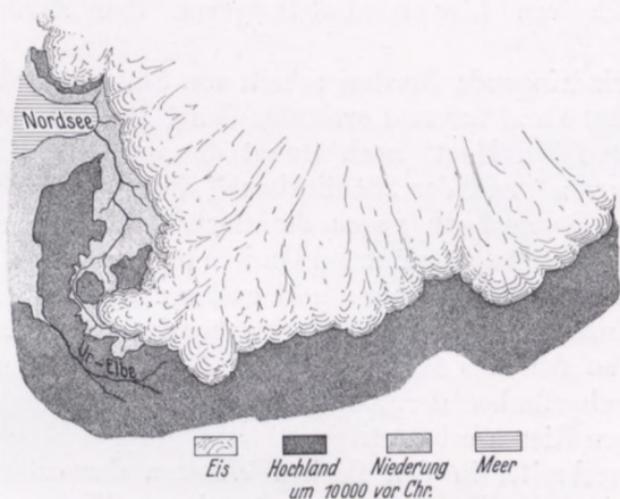


Abb. 28. Der Rand des nordischen Eises um 10 000 v. Chr.

strömen nach den warmen Gefilden Südeuropas (Abb. 9 und 28).

Während die Eisdecken zurückschmolzen, öffnete sich wieder der weite Lebensraum, der durch die *drei großen Stromsysteme* der Donau, der Elbe und des baltischen Urstromes, durch bewaldetes Bergland, weite Grasfluren, fruchttragendes Buschwerk und wildreichen Hochwald gegliedert wurde.

Als um das Jahr 8000 v. Chr. (wie uns die Pollenanalyse mooriger Böden berechnen läßt) das alpine Eis in den Tälern verschwunden und das nordische Eis bis auf das skandinavische Bergland zurückgeschmolzen war, als Frankreich noch mit England, und dieses mit Dänemark landfest verbunden war — bildete der heutige Ärmelkanal eine fruchtbare Nieder-

runge, die von der Seine durchflossen war. Das durch das Abschmelzen des Eises ansteigende Weltmeer überflutete sie, und heute noch sehen wir nördlich der Normandie mitten durch die durchschnittlich 70—80 m tiefe See einen langgestreckten schmalen Kanal (Hurde) ziehen, dessen über 100 m große Tiefe als das ertrunkene Bett der *diluvialen Seine* betrachtet werden darf. Durch die schmale Straße von Dover wühlte sich das ansteigende Weltmeer einen breiten Kanal nach dem *Nordland*, das von Hull bis Skagen reichte und sich von hier nordwärts gegen den Atlantik vertiefte.

Die eindringende Nordsee schritt von Südwest und Norden gegen das Land vor und ertränkte den *Unterlauf des Rheins und der Elbe*. Heute noch trennt die verästelte Rinne der „Silbergrube“ und der „Schlickbank“ die nur 33—13 m tief liegende *Doggerbank* gegen die flachen Küstenstreifen ab. Auf dieser zuletzt überfluteten Untiefe hatte eine große Herde von Elefanten, Nashörnern und anderen Diluvialtieren ihre letzte Zuflucht gefunden. Sie ertranken in dem ansteigenden Meere, so daß das Schleppnetz der Fischer noch heute auf den Fischgründen der Doggerbank die Backzähne der ertrunkenen Riesen erbeutet.

Weitverbreitet in den flachen Wassern der ostenglischen Küste sind die Baumstämme *ertrunkener Wälder* und ein dunkler Torf (Morlog). Bei Westerland tritt ebenfalls Torferde zutage (Tuul), und auf dem überfluteten Socket von Helgoland ist ein dunkelbrauner Ton (Töck) verbreitet, in dem Süßwasserschnecken, sowie Blätter von Ahorn und Ilex gefunden werden.

Ein bei Aurich in ähnlichem Torf gefundener primitiver *Eichenpflug* läßt vermuten, daß die Bewohner des versinkenden *Nordlandes den Boden bearbeiteten und Feldbau trieben*.

Der mit der Senkung der Küste verbundene Landverlust drängte die nordischen Sippen schrittweise nach Süden. Wenn wir uns erinnern, daß noch in dem letzten Jahrtausend plötzlich versanken (S. 151), so dürfen wir annehmen, daß wiederholt plötzlich große Küstenstrecken an der Nordsee auch in den vergangenen Jahrtausenden das Vordringen der

Nordsee mit großen Katastrophen verbunden war, die in der Erinnerung der fliehenden Bewohner als verderbenbringende *Sintflut* haften blieb.

Besonders verhängnisvoll und eindrucksvoll mußte das Sinken des *fruchtbaren Ostlandes* beim Hereindringen des salzigen Meeres für die Bewohner der Baltischen Niederung werden.

Abb. 28 zeigt uns, daß noch etwa 10 000 v. Chr. der ganze Ostseeboden vom Eise bedeckt war, und daß nur ein Teil von Dänemark daraus hervorsah.

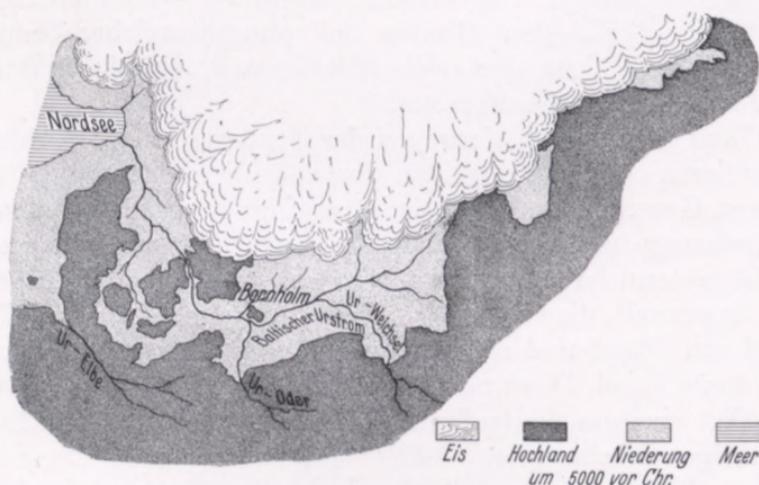


Abb. 29. Der Schmelzrand des nordischen Eises um 5000 v. Chr. Der baltische Urstrom mit seinen Nebenflüssen fließt von dem fruchtbaren Land um Bornholm durch Sund und Kattegat nach der Nordsee.

Um 5000 v. Chr. war das Eis (Abb. 29) bis nach Schonen zurückgeschmolzen, und in großen Stauseen sammelte sich das Schmelzwasser.

Die Felseninsel Bornholm überragte eine mit Schlamm bedeckte Niederung, die sich beständig verbreiterte und ein fruchtbares Siedlungsland darbot, während auf den schwedischen Gebirgen noch hohe Eisdecken lagerten.

Öland, Gotland und Ösel wurden bald eisfrei und bildeten mit Bornholm die natürlichen Burgen für das weite Ostland.

Nun drang vom Norden das Salzmeer in das sinkende

Becken herein (Abb. 30) und überflutete die darin verbreiteten Wälder und Moore, Felder und Wiesen.

Der heutige Ostseeboden fällt von der Küste ganz langsam bis zu Tiefen von 90 m und erreicht erst bei Gotland Tiefen über 200 m. Vor rund 10000 Jahren reichte das Weltmeer nur in einer schmalen Rinne bis in den Kattegatt; Schonen war eisfrei, und die felsigen Inseln von Bornholm, Öland, Gotland und Ösel überragten als *bewaldete Gebirge das mit fruchtbarem Schlamm bedeckte Flachland*. Bernsteinführende Erde trat im Osten zutage und wurde durch die Flüsse nach Westen verfrachtet. Das Verwitterungspulver skandinavischer Urgesteine, kalireicher Granite und phosphorreicher Gangmineralien ernährte eine reiche Pflanzenwelt, zahlreiches Wild und eine gesunde Bevölkerung.

Wenn wir die Schilderungen der Zendavesta nach Norden orientieren dürfen, herrschten dort mächtige Fürsten, die in langen Generationen die Grundsätze einer eugenischen Volksvermehrung und eine Zuchtwahl ihrer Nahrungspflanzen kennengelernt hatten. Hoch überragten, wie die Götterburgen der Sagenwelt, die Granitfelsen von Bornholm, die rote Kalktafel von Öland und der höhlenreiche Silurkalk von Gotland das weite Land. Diese natürlichen Festungen boten in Zeiten der Not eine gesicherte Zufluchtsstätte und wurden zum Sitz mächtiger Geschlechter.

Von Bornholm (dem Burgunderland) und Gotland (dem Land der Goten) gingen entscheidende Wanderungen in der Geschichte der Menschheit aus, und man hat die Frage aufgeworfen: *weshalb so kräftige Sippen zu weiten, ruhelosen Wanderungen gezwungen wurden?*

Die Arbeiten des deutschen Vermessungsschiffes „Poseidon“ haben die überraschende Tatsache ergeben, daß der Meeresgrund in der Umgebung von Bornholm in 20–60 m Tiefe Ablagerungen von Torf birgt, in denen man Samen und Pollen von Kiefern, Birken, Farnengräsern und Sumpfmossen findet. Sehr bezeichnend ist die Verbreitung des Sanddornes *Hippophae*, der heute im mittleren Ostseebecken fehlt. Wurzelstöcke (Stubben) von Kiefern sind nach O. Pratzje in der Umgebung von Bornholm verbreitet und zeigen uns

einen großen Nadelwald, der durch Ansteigen des Grundwassers versumpfte und abstarb.

Wenn man mit diesen Tatsachen die neuerdings gemachten Funde von Knochen des Urstieres und Körnern von Feldfrüchten verbindet, dann ergibt sich das Bild einer *blühenden Bauernkultur auf den Fluren des Ostlandes*.

Und nun stelle man sich vor, daß in Jahrhunderten das Meer aus dem Kattegatt durch Sund und Belt in das flach-

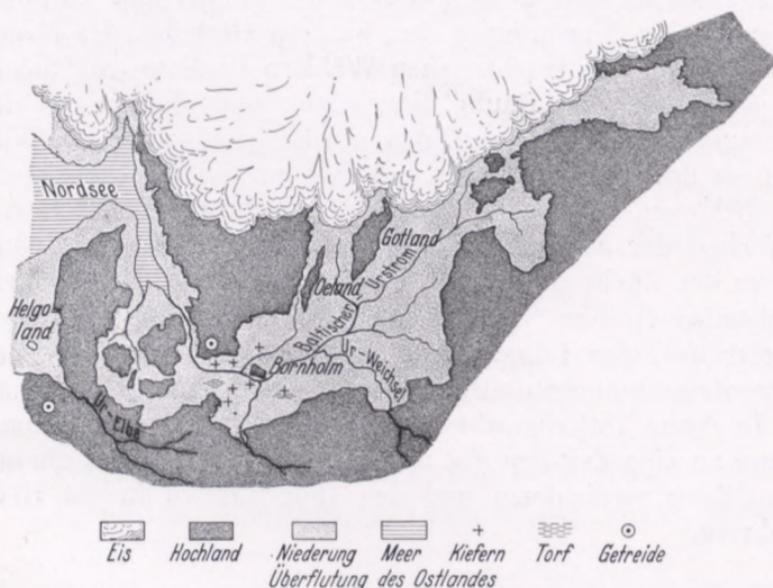


Abb. 30. Überflutung des Ostlandes. Eindringen der Nordsee in die Niederungen des baltischen Urstroms mit ihren Mooren, Feldern und Wäldern (nach O. Pratge, Königsberg 1933).

wellige, fruchtbare, kultivierte und besiedelte Land mit seiner Salzflut hineindrang, die sandigen Inseln verkleinerte, die Flüsse versalzte, die Moore in Brackwasserseen verwandelte und das ganze Land unbewohnbar machte. Unter einer solchen Katastrophe mußten, wie die Zendavesta berichtet, weitblickende Herrschergeschlechter ihre besten Männer und Weiber um sich versammeln, sie von den minderwertigen Lebensgenossen abschließen und auf der Suche nach neuem Siedlungsland mit sich führen.

Da der Norden durch das Eis, der Westen durch das Meer verschlossen war, blieben nur *die Wege nach Süden und Osten offen*, die auf Abb. 11, S. 38 angedeutet wurden.

Sobald das bewaldete Hügelland der norddeutschen Moränendecke durchschritten war, öffnete sich die weite, uralte Völkerstraße, die, mit fruchtbarem Löß bedeckt, von Frankreich durch Mitteldeutschland, über Mähren und Polen nach der Ukraine führte, während weiterhin das Hochgebirge des Kaukasus und die großen Becken des Pontus und Kaspi die wandernden Sippen nach den warmen Gestaden des Mittelmeeres und den fruchtreichen Wäldern Persiens lenkten.

Als „Volk ohne Raum“ dem winterlichen Schnee und den herandrängenden Meeresfluten glücklich entronnen, bewahrten sie doch ihre im Kampf mit dem nordischen Klima hochgezüchteten Tugenden, die Erfahrungen eines durch den Wechsel der Jahreszeiten geregelten Ackerbaues, die Kenntnisse der Züchtung von fettreichem Schwarzwild und milchgebenden Rindern und besaßen die Kunst des viereckigen Holzbaues, der feingearbeiteten Steinbeile, des Gold- und Bernsteinschmucks und der Werkzeuge aus harten Knochen.

In ihrem Unterbewußtsein aber bewahrten sie die Erinnerung an *eine Zeit der Not und großer Wasserfluten*, die den Untätigen vernichteten und den Heldenhaften in die Höhe führten.

Literarische Hinweise.

Das Schrifttum für die deutsche Bodenkunde ist in dem Handbuch der Bodenlehre so umfassend und eingehend verwertet, daß ich für den besonderen Zweck dieses Buches zur Ergänzung nur noch folgende Arbeiten besonders hervorheben möchte:

Eine allgemeine Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen der Bodenbildung und Bodenkultur findet man in

„Deutschland, die natürlichen Grundlagen seiner Natur“. Leipzig: Quelle & Meyer 1928.
Herausgegeben von Johannes Walther.

Johannes Walther-Halle: Zum Geleit.

A. Penck-Berlin: Deutschland als geographische Gestalt.

J. Walther-Halle: Der geologische Unterbau von Deutschland.

W. Schmidt-Wien: Das Klima Deutschlands.

K. Sapper-Würzburg: Deutschlands Flüsse, Kanäle und Küsten.

W. Halbfaß-Jena: Die stehenden Gewässer Deutschlands.

I. Weigelt-Halle: Die Bodenschätze Deutschlands als Kulturgut seiner Bewohner.

W. Wangerin-Danzig: Die deutsche Landschaft in ihrem pflanzengeographischen Wesen.

F. Birkner-München: Die Urbewohner Deutschlands.

O. Schlüter-Halle: Die Besiedlung Deutschlands.

Th. Römer-Halle: Die Kultur des deutschen Bodens.

A. v. Hofmann-Marburg: Die Wege der deutschen Geschichte entwickelt aus den Boden- und Wasserverhältnissen Deutschlands.

Die geologischen Verhältnisse des Untergrundes werden eingehend besprochen in

Johannes Walther, *Geologie Deutschlands*.
IV. Auflage (13.—16. Tausend). Leipzig 1923.

Die Fragen der allgemeinen Geologie sind behandelt in

Johannes Walther, *Bau und Bildung der Erde*.
2. Auflage. Leipzig: Quelle & Meyer 1928.

Dieses Buch enthält auch Vorschläge für den geologischen und *bodenkundlichen Unterricht* und 21 Tafeln mit 800 Abbildungen zum Bestimmen der wichtigsten *Fossilien Deutschlands*.

Die in diesem Buch im Rahmen ihrer geologischen Umwelt besprochenen Bodenarten finden in

H. Stremme, *Die Böden Deutschlands*, Hand-
buch der Bodenlehre, Band V, Abschnitt VI

auf Grund der weitverstreuten Einzelarbeiten der geologischen Landesaufnahmen eine übersichtliche Darstellung; eine neue Bearbeitung dieser Abhandlung als *Sonderschrift* wäre sehr zu wünschen.

Sachverzeichnis.

- A**
Abraum 125.
Albüberdeckung 141.
Adria 18.
Ärmelkanal 17.
Aerobe 72.
Algonkium 15.
Alluvium 15.
Alpen 30, 41, 138.
Altzeit 13, 15.
Anaerobe 72.
Anfang des Lebens 12.
Antediluviales Europa 16, 37.
Aschenerde 45, 57, 102.
Assimilation 108.
Atlantik 20.
Atlantische Zeit 41.
Atmosphäre 1, 48.
Atmung 108.
Auenboden 4.
Auenwässer 97.
Ausgrabungsgesetz 127.
Auslese 70.
Auslese der Wurzeln 105.
Auswitterung 57.
- B**
Bändertone 27, 115.
Bakterienkeime 80.
Baltisches Stromland 161.
Basaltkuppe 143.
Bauernkultur 163.
Baumkrone 68.
Baumstämme, gebogen 55.
Becken 131.
Bergfreiheit 125.
Bergland 130.
Bergrecht 124.
Bergschäden 126.
Bergsturz 64.
Bernstein 121, 125.
Besiedelung des nord. Lebensraumes 37.
Bimsstein 145.
Binneneis 26.
Blattstreu 44.
Blei 126.
Bleicherde 57.
Blocklehm 13, 22, 65.
Blockwalle 33.
Blutlehm 130.
Blutregen 81, 90.
Bodenart 134.
Bodenbakterien 71.
Bodenbearbeitung 40.
Bodenfarbe 4, 59, 89, 129.
Bodenfeuchtigkeit 67.
Bodenfremd 63, 87.
Bodenfrost 54.
Bodengattung 134.
Bodengrenzen 2.
Bodengruppe 134.
Bodenhaut 61.
Bodenhorizont 102, 117, 118.
Bodeninseln 130.
Bodenkrankheit 114.
Bodenlage und Bodengrund 68.
Bodenorganismen 1.
Bodenpilze 56.
Bodenprofil 114.
Bodenschätze 119f.
Bodenspalten 58.
Bodenständig 3, 63, 87.
Bodentiere 56.
Bodentypen 134.
Bodenwasser 95f., 101.
Bodenzone 40.
Böden der Vorzeit 7.
Bohnerz 21.
Boreale Zeit 41.
Bornholm 161.
Braunerde 18, 45, 59, 90.
Brauner Jura 141.
Braunkohle 7, 147.
Bronze 123.
Buchten 131.
Burgunder Pforte 41.
Buschwald 103.
- C**
Chlorophyll 52.

- Dachschiefer** 125.
Deflation 58, 62, 77.
Degradation s. Entartung 40.
Deutsche Bodenbezirke 135f.
Devon 15.
Diatomeen-Erde 25.
Diluvium 15, 31, 47.
Doggerbank 17, 160.
Dollart 151.
Donauebene 139.
Donflüße 18.
Dora Baltea 22.
Dreikanter 28, 34.
Dünensand 7, 29.
Dünger 40.
Dunkelrinde 57, 103.
Dunkelmeer 81.
- Edelsalze** 127.
Edelsteine 126.
Eichenpflug von Aurich 160.
Eifel 145.
Eigenklima der Erde 49.
Einschlüsse 84f.
Einwitterung 57.
Eisberge 20, 50.
Eisböden 2, 32.
Eisdecke 14, 37, 136.
Eisenbakterien 72.
Eisenerze 126.
Eisenkruste 103.
Eisnadeln 67.
Eisgang 55.
Eisrand der Ostsee 159.
Eiswüsten 32.
Eiszeit 3.
Ekliptik 50.
Elefant 18, 19, 36.
Endmoränen 152.
Entartung 40, 105, 130.
Entstaubung 77.
Emulsion 85.
Erdbeben 62, 110.
Erdfälle 111.
Erdöl 127.
Erdrinde 49, 114.
Erdrisse 110.
Erdspalten 98.
Erdwärme 49.
Erosion 58.
Erratika 87.
Ertrunkene Wälder 160.
- Eruptose** 96.
Etschgletscher 22.
- Fabrikanlage** 106.
Farbenbänder 117.
Fazies 12.
Feldboden 67.
Felsarten 9.
Felsenwasser 96.
Ferretto 130.
Feuerbrand 25.
Feuerstein 33, 121.
Flächenflut 82.
Fleischnahrung 39.
Fließerde 54, 62.
Flußbaue 115.
Flußböden 2.
Flußpforten 35.
Flußrinne 7, 110.
Flußterrassen 28, 133.
Flußtrübe 29, 55, 59, 83.
Förderung 125.
Formationen 11, 12.
Fossilien 88.
Friesland 149, 150.
Frühling 39, 54.
Futterplatz 75.
- Gardasee** 22.
Gegenrhein 142.
Gegenwart, geologische 47, 48.
Gehängeschutt 62, 109.
Gekriech 54.
Gemäßigte Zone 49.
Genesisbericht 156.
Geologische Böden 128.
Gerölle 64.
Gesteine 9.
Gesteinskunde 10.
Gewitter 51.
Gipskrusten 57.
Gleichgewichtsfläche 61, 84.
Gletschereis 65.
Götterburgen 162.
Gold 121.
Goldgräber 122.
Grabensenke 131, 142.
Granit 62, 94, 107, 132.
Grenzhorizont 119.
Grenzsteine 109.
Grundbesitzer 125.
Grundgebirge 10, 15.
Grundmasse 1.

Grundmoräne 13, 14, 31, 65.
Grundwasser 55, 57, 84f., 95f., 125.
Günzzeit 30.

Hackebau 40.

Halden 125.
Halligen 150.
Hangende 8, 115.
Harz 148.
Heilquellen 98.
Heimatgefühl 75.
Heimatschutz 127.
Heimatstaub 79.
Herbst 59.
Hexenringe 73.
Himmelsfarbe 76.
Hipparion 45.
Hochgestade 143.
Höhlenbewohner 39, 40.
Höhlenlehm 141.
Holzpflug 119.
Horaz 157.
Horizont 113.
Hormone 107.
Humus 73, 92.
Hungerquelle 97.

Jadebusen 151.

Jagdplatz 75.
Jahreszeit 48, 50, 60.
Jahrmillionen 10.
Jahrtausende 31, 47.
Jima-Epos 157.
Jura 15.
Juvenil 96.

Interglazial 26, 39.

Kältezeit 23.

Kahle Stellen 14.
Kalk 10.
Kalkalpen 138.
Kalkkruste 57.
Kambrium 15.
Karbon 15.
Karte der Bodengebiete 137.
Katastrophe 12.
Katzengold 89.
Keimpflanze 43.
Kieselgur 125.
Kieslager 64.
Klastosphäre 1.
Kleinwesen in der Luft 47.

Klimaböden 129.

Klima am Erdboden 65.
Klima der Gegenwart 47.
Klima, gestörtes 66.
Klimaperiode 41.
Knollensteine 103.
Kohlen 126.
Kohlenzeiten 15.
Kolloide 85.
Kontinentalverschiebung 23.
Korallenriffe 25.
Krakatau 79.
Kreideinseln 37.
Kreideufer 15, 122.
Kreislauf der Wasser 14.
Kronenraum 68.
Kugelgestalt der Erde 49.
Kulturböden 128.
Kulturhöhe 5.
Kultursteppe 56.
Kulturwald 6.
Kupfer 121, 126.
Küstengebiete 60.
Küstenumriß 17.

Lage des Pols 25, 26.

Laichplätze 5.
Landboden 2.
Landbrücke 17, 155.
Landpflanzen 13.
Landschaftsbild 2.
Laubwald 44, 103.
Lebensgenossen 12.
Lebenskraft 106.
Lebensstoff 106.
Lebensverband 6, 71.
Leitfossilien 12.
Lesedecke 66.
Lesesteine 87, 88.
Letten 10.
Lemuren 15.
Leuchtende Wolken 19.
Liegende 8, 115.
Lithologie 10.
Lithose 96.
Lithosphäre 1.
Löß 7, 29, 35, 60.
Lößdecke 30, 146.
Lößgebiete 32.
Lößkindel 34, 103, 117.
Lößwand 34.
Lophiodon 8.

- Luftatmung 13.
 Lufttrübe 39.
- M**ächtigkeit 9.
 Maikäfer 74, 75.
 Mammut 45.
 Matten 139.
 Mauer 21.
 Menschenrasse 39.
 Meeresboden 2.
 Meeresspiegel 36.
 Meeresstrand 80.
 Meeresufer 4.
 Mesopotamien 156.
 Meteorit 11, 49, 80, 87.
 Meteorologie 65.
 Mikroklima 66.
 Mikron 86.
 Mindelzeit 30.
 Mineralien 1, 89.
 Mineralstoffe 108.
 Mitteldeutsche Senken 145f.
 Mittelgebirge 135.
 Mittellauf 133.
 Mittelmeer 18.
 Mittelwerte 52.
 Mittelzeit 13, 15.
 Mischnahrung 40.
 Mön 37.
 Moore 138.
 Moorerde 112.
 Morgenland 38.
 Mosbach 21.
 Mutterboden 7.
- Nadelwald 44, 68, 103.
 Nagelfluh 117.
 Naturboden 128.
 Natürliche Bodenartung 128f.
 Neuland 75.
 Neuzeit 13, 15.
 Niederländischer Bezirk 148f.
 Nil 18.
 Nilpferd 18, 21, 36.
 Nordland 160.
 Nordische Sintflut 76, 163.
 Nordpol 130.
 Nordsee 37, 149.
- O**asenkessel 78.
 Oberboden 67.
 Oberlauf 133.
 Ölbohrung 124.
- Ortstein 117.
 Ostelbien 151f.
 Ostland 161.
 Ostsee 18, 26, 31, 37, 136.
 Ostseekarte 152, 162.
 Ostwind 41.
 Osar 33.
 Ozeanisches Klima 50.
- P**arklandschaft 46.
 Perm 15.
 Pilzfäden 72.
 Pilzsporen 46.
 Pflanzenmoder 7.
 Pflanzenteppich 112.
 Pflanzenverband 43.
 Pflanzenwurzel 53.
 Platin 126.
 Podsol 45, 57, 90, 102.
 Polarfront 51.
 Polarzone 25, 49.
 Pollenanalyse 118, 159.
 Pollenstaub 79.
 Polverlagerung 37.
 Port Darwin 103.
 Poseidon 162.
 Posener Ton 21.
 Profil 8.
 Pulverschnee 53.
- Q**uartär 16.
 Quellen 97.
- R**adium 54, 125.
 Rapakivi 33.
 Raum ohne Volk 76.
 Rebenböden 143.
 Regal 124.
 Regen- und Schneezeit 16, 22.
 Regenpfütze 82.
 Regentropfen 81, 83.
 Regentrübe 92.
 Regenwald 69.
 Regenwasser 53.
 Rendzina 93.
 Rheingraben 141f.
 Rheinisches Schiefergebirge 144f.
 Rheinschlucht 28, 144.
 Rieszeit 30.
 Rinnenspülung 82.
 Röt 60, 95, 141.
 Rohböden 48.
 Roncaglio 124.

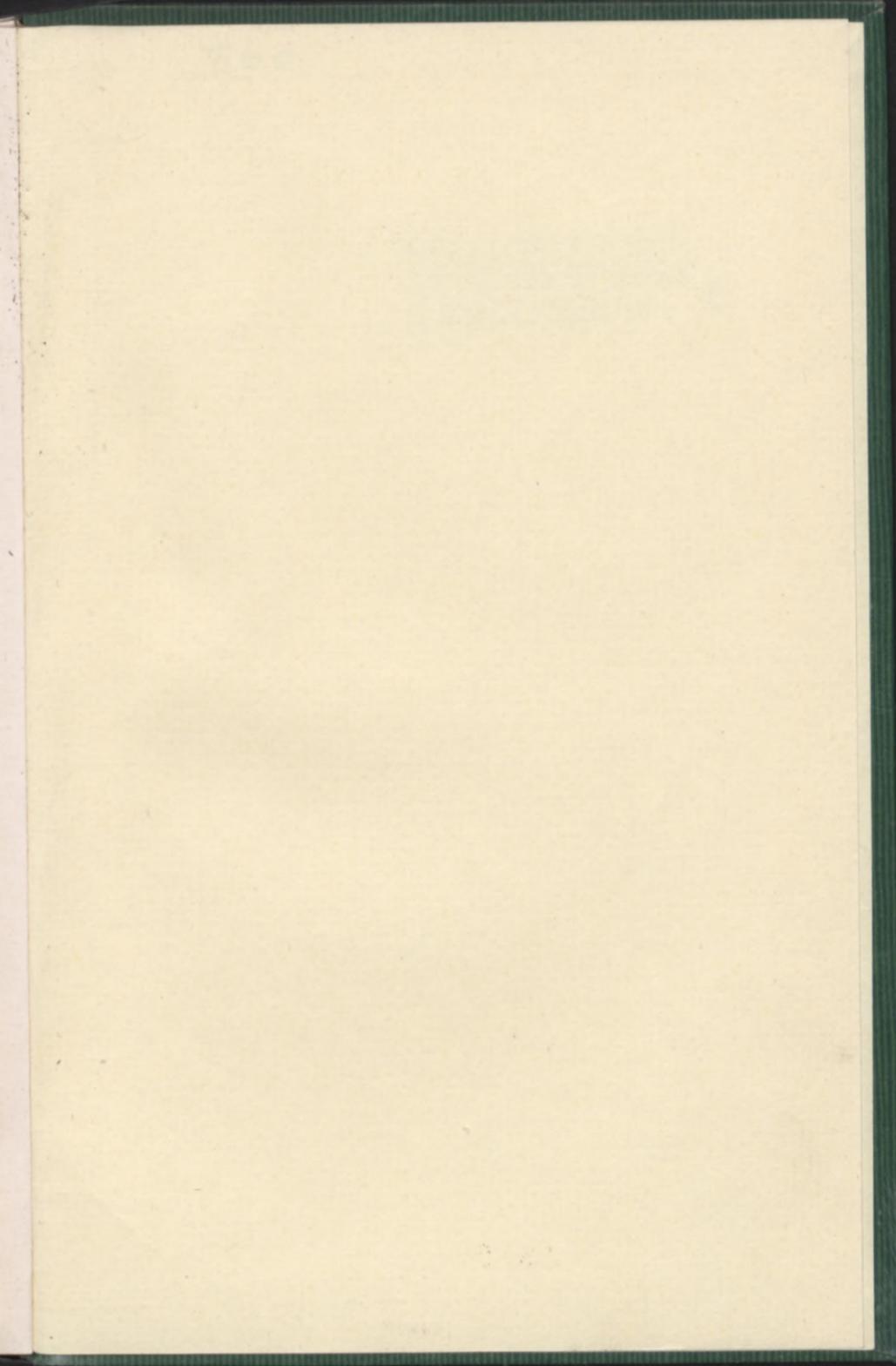
Roterde 18, 45, 89, 90.
Ruckregen 39.
Rügen 37.
RuBerde 93, 139, 141.

Sachsenspiegel 124.
Sadewitz 33.
Säkular 109.
Salz 120.
Salzlagerstätten 127.
Salzwasser 154.
Sammelheizung 99.
Sanddelta 27.
Sanddünen 59.
Sandfächer 33.
Sandkörner 87.
Sandschliff 28, 78.
Sandsteine 94.
Sandstürme 77.
Saugkraft der Pflanze 55.
Saurücken 33.
Savannen 77, 103, 132.
Schattenriß 114.
Schichtenbau 9.
Schmelzwasser 26, 37.
Schneefälle 26.
Schürfen 125.
Schwanheim, diluviale Flora 24.
Schwarzerde 34, 46, 89, 93, 112, 116,
143.
Schwarzer Jura 141.
Schwefelbakterien 72.
Schwefelregen 90.
Schwerspat 125.
Seeböden 2.
Sekundärzeit 16.
Selbststeuerung 105, 107.
Seltenheiten 71.
Senkungen 37, 136.
Sickerquelle 53.
Silber 123, 126.
Silur 15.
Sintflut 37, 156.
Skelett 1.
Sölle 33.
Sommer 56.
Sonnenenergie 24.
Sonnenklima 14, 130.
Sonnenlicht 42, 48.
Solquelle 54, 120.
Spaltenfrost 54.
Spaltpilze 72.

Spannung des Wassers 99.
Spreewald 27.
Stahlquelle 54.
Standort 5, 70.
Staubbrei 83.
Staubflecken 59.
Staubmischung 81, 91.
Staubschnee 82.
Staubsturm 91.
Staubwinde 77.
Staubwolke 78.
Stausee 27.
Steinbeil 25.
Steinhacke 119.
Steinsohle 7, 34.
Steppe 41, 45, 67, 103.
Stoffwechsel des Bodens 1, 56, 106.
Stoffwechsel der Pflanzen 42, 46, 72,
108, 113, 120.
Stollen 124.
Stratosphäre 29, 49, 77.
Süddeutsches Stufenland 139f.
Südpol 20.
Sumerer 156.
Sumpfwald 103.
Synusie 6.

Tagewasser 95.
Talaue 133.
Talbildung 27, 35, 110.
Talkessel 78.
Tektonik 8.
Terra rossa 18.
Tertiär 15, 16, 19.
Thermen 54, 98.
Thüringer Senke 147.
Tiefbohrung 8.
Tiefenwasser 96.
Tiefurt 21.
Tierparadies 25.
Ton 86.
Tongesteine 93.
Torf 125.
Transpiration 108.
Trias 15.
Trockenperiode 111, 119.
Tromben 77.
Troposphäre 48.
Trümmerhülle 1.
Tschernosjom 46.
Turgor 55.
Typen 105.

- Übergreifend** 64.
 Unkraut 59.
 Untergrund 63.
 Unterkante des Bodens 3.
 Unterlauf 133.
 Urbewohner 29.
 Urböden 103, 119.
 Urfeld 70.
 Urkultur 146.
 Urmenschen 15.
 Urpferde 8, 45.
 Urrhein 41.
 Urrind 119.
 Ursache der Eiszeit 22.
 Ursäuger 8.
 Urströme 27.
 Urstier 45.
 Urwald 6, 68, 70, 133.
 Urwiese 6.
 Urzeit 13, 15.
- Vadose** 95.
 Verdunstung 16, 42.
 Verlehmung 34, 115.
 Verleihung 125.
 Verwitterung 1, 21, 94, 102.
 Verwitterungszone 116.
 Verwesung 72.
 Versunkenes Land 154f.
 Versalzung 57.
 Vermoderung 112.
 Volk ohne Raum 76, 164.
 Vormensch 21.
 Vorzeitreste 127.
 Vulkanböden 1.
 Vulkanstaub 19.
- Wachstumsdruck** 111.
 Wachstum d. B. 88.
 Wald 56.
 Waldböden 42, 131.
 Waldpilze 73.
 Wanderungen 38.
 Wandertiere 5.
 Wanderstraße 146.
 Wandersände 150.
 Warme Quellen 76.
 Warme Zone 49.
 Warven 33.
 Wasseradern 99.
 Wasserarten 96.
 Wasserdruck 100.
- Wasserfracht 64.
 Wassergefälle 154.
 Wassergehalt der Pflanzen 104.
 Wasserhaushalt der Pflanzen 108.
 Wasserhorizont 98, 100.
 Wasserkreislauf 84, 95.
 Wassertiere 11.
 Wasserträger 100.
 Weinberge 61.
 Weißer Jura 141.
 Weltgeschichte 48.
 Weltenraum 49.
 Wesen des Bodens 1.
 Westfalen 146.
 Wetterperiode 60.
 Wetterprophezeiung 51.
 Wetterwarte 51.
 Wetterwechsel 50.
 Wetterwendisch 52.
 Wetterwirbel 51.
 Wiener Becken 30.
 Wiesbaden 19.
 Wiesenboden 67.
 Wildgräser 119.
 Wildläufer 75.
 Wildpferde 46.
 Wildschwein 45, 119.
 Windhosen 77.
 Windkanter 28, 29.
 Windschatten 148.
 Winternacht 23.
 Wirbelwinde 58.
 Wolfshund 119.
 Wüschelrute 123.
 Wurzel 42.
 Wurzelhaare 42, 43, 46, 73.
 Wurzelschicht 104.
 Wurzelschopf 104.
 Wurzelstock 8, 118.
 Würmzeit 30.
 Wüstenboden 2.
- Zeitrechnung** 10.
 Zellulosespaltung 72.
 Zendavesta 157, 162.
 Zentralalpen 139.
 Ziergarten 6.
 Zink 126.
 Zinn 121.
 Zonen 12.
 Zuidersee 150.
 Zwischeneiszeit 24.



Biblioteka Główna UMK



300020952440

7160

BIBLIOTEKA ♦ ♦ ♦ ♦ ♦



VNIWERSYTECKA

03259/26

♦ ♦ ♦ ♦ W TORUNIU ♦

03259/26

VERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFT

- I. Band: AUS DEM LEBEN DER BIENEN.** Von Prof. Dr. K. v. Frisch, München.
Zweite Auflage. Gebunden RM 4.80*
- II. Band: DIE LEHRE VON DER VERERBUNG.** Von Prof. Dr. Richard Goldschmidt,
Berlin-Dahlem. Dritte Auflage. Gebunden RM 4.80
- III. Band: EINFÜHRUNG IN DIE WISSENSCHAFT VOM LEBEN ODER „ASCARIS“.** Von Prof. Dr. Richard Goldschmidt, Berlin-Dahlem. Zwei Teile.
Beide Teile gebunden RM 8.80*
- IV. Band: DAS FOSSILE LEBEWESEN.** Eine Einführung in die Versteinerungskunde. Von Prof. Dr. Edgar Dacqué, München. Gebunden RM 4.80*
- V. Band: DIE LEHRE VON DEN EPIDEMIEEN.** Von Prof. Dr. med. Adolf Gottstein,
Berlin. Gebunden RM 4.80*
- VI. Band: DAS LEBEN DES WELTMEERES.** Von Prof. Dr. Ernst Hentschel,
Hamburg. Gebunden RM 4.80*
- VII. Band: ZUGVÖGEL UND VOGELZUG.** Von Friedrich v. Lucanus.
Gebunden RM 4.80*
- VIII. Band: EINFÜHRUNG IN DIE ANORGANISCHE CHEMIE.** Von Prof. Dr. W.
Strecker, Marburg. Gebunden RM 4.80*
- IX. Band: DIE WUNDER DES WELTALLS.** Von Prof. Cl. A. Chant, Toronto (Canada).
Gebunden RM 5.80*
- X. Band: VOM ZELLVERBAND ZUM INDIVIDUUM.** Von Prof. Dr. O. Steche,
Leipzig. Gebunden RM 4.80*
- XI. Band: EINFÜHRUNG IN DIE ORGANISCHE CHEMIE.** Von Dr. H. Loewen,
Berlin. Gebunden RM 4.80*
- XII. Band: AUS DEN WERKSTÄTTEN DER LEBENSFORSCHUNG.** Von Dr.
Paul Weiss, Wien. Gebunden RM 4.80
- XIII. Band: GABEN DES MEERES.** Von Dr. Eugen Neresheimer, Ministerialrat,
Wien. Gebunden RM 4.80
- XIV. Band: DIE RELATIVITÄTSTHEORIE.** Von Prof. Dr. Ludwig Hopf, Aachen.
Gebunden RM 4.80
- XV. Band: WETTER UND WETTERENTWICKLUNG.** Von Prof. Dr. H. von
Ficker, Berlin. Gebunden RM 4.80
- XVI. Band: MEERE DER URZEIT.** Von Prof. Dr. F. Drevermann, Frankfurt a. M.
Gebunden RM 4.80
- XVII. Band: DER BAU DER ERDE und die Bewegungen ihrer Oberfläche.**
Von Prof. Dr. W. von Seidlitz, Jena. Gebunden RM 4.80
- XVIII. Band: SCHLAF UND TRAUM.** Von Prof. Dr. Hans Winterstein, Breslau.
Gebunden RM 4.80
- XIX. Band: DIE WELT DER SINNE.** Von Prof. W. v. Buddenbrock, Kiel.
Gebunden RM 4.80
- XX. Band: PHYSIK FÜR JEDERMANN.** Von Prof. Dr. A. Haas, Wien.
Gebunden RM 6.80
- XXI. Band: STREIFZÜGE DURCH DIE UMWELTEN VON TIEREN UND MENSCHEN.** Von Prof. J. Baron Uexküll und G. Kriszat, Hamburg.
Gebunden RM 4.80
- XXII. Band: DIE BIOLOGIE DER FORTPFLANZUNG IM TIERREICHE.** Von Prof.
Dr. U. Gerhardt, Halle. Gebunden RM 4.80
- XXIII. Band: KLEINE METEORITENKUNDE.** Von Prof. F. Heide, Jena.
Gebunden RM 4.80
- XXIV. Band: DIE WELT DES GEISTESKRANKEN.** Von Prof. Dr. K. Birnbaum,
Berlin. Gebunden RM 4.80
- XXV. Band: DIE BAUSTEINE DER KÖRPERWELT. EINE EINFÜHRUNG IN DIE ATOMPHYSIK.** Von Prof. P. Th. Wulf, Valkenburg.
Gebunden RM 4.80
- XXVI. Band: EINFÜHRUNG IN DIE DEUTSCHE BODENKUNDE.** Von Prof.
J. Waltherr, Halle a. S. Gebunden RM 4.80

* abzüglich 10% Notnachlaß.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER · BERLIN