

Die Kennzeichnung der Ökosysteme durch die Biodynamik des Bodens

Von Dr. phil., D. Sc. F. W. Pauli, Heidelberg

Vortrag, gehalten am 22. Oktober 1969

Definition: Pflanzengesellschaften wie Felder und Wälder können als ökologische Systeme angesehen werden, in denen lebende Organismen mit ihrer physikalischen und biologischen Umgebung eine sich gegenseitig beeinflussende Einheit bilden *).

Ein wesentliches Merkmal der modernen Wissenschaftsentwicklung ist das steigende Interesse für die Grenzgebiete zwischen den Grundwissenschaften. Das gilt besonders für die Pedologie, die Lehre vom Boden, die sich aus Geologie, Mineralogie, Physik, Chemie und Biologie entwickelt hat. Wie diese Wissenschaften behandelt die Pedologie die Formänderungen und Bewegungen von Materie und die damit verknüpften Energieverschiebungen.

*) Anmerkung der Schriftleitung: Diese Definition stimmt mit der von A. Tansley (1923) gegebenen für ein „ecosystem“ (deutsch: Ökosystem) überein.

Der Boden kann als ein natürlicher Körper angesehen werden, worin mineralisches und organisches Ursprungsmaterial unter gegebenen Klima-Verhältnissen durch kombinierte Aktivität von Pflanzen und Mikroorganismen fortlaufend umgewandelt werden. Die moderne Bodenkunde nimmt deshalb eine Stellung zwischen den Wissenschaften der belebten und unbelebten Natur ein. In ihr treffen sozusagen die Forschungsergebnisse aller Naturwissenschaften zusammen und der Boden ist letzten Endes das Resultat der Wechselwirkungen zwischen Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und Biosphäre. Er wird damit aber auch zu einem sich ständig ändernden Gebilde, was man am besten als offenes System ansprechen kann.

In der oberen Lithosphäre treten zahlreiche geochemische Vorgänge auf, wobei die gesamte Materie an einer langsamen und ziemlich verwickelten Wanderung teilnimmt, die tiefe Veränderungen in der Struktur und chemischen Zusammensetzung der Gesteine verursacht. Dieser „kleine“ oder „exogene“ Zyklus steht unter dem direkten Einfluß der Hydrosphäre und Atmosphäre. Beide bestimmen das Vorkommen und die Verteilung der Gesteine und Mineralien, wobei es zur Trennung und Anreicherung der meisten chemischen Elemente kommt. So ähnelt der Vorgang der Verwitterung in vielen Hinsichten einer gigantischen, semi-quantitativen chemischen Analyse in der Natur.

Die Lithosphäre wird zum Teil durch die Hydrosphäre bedeckt, wobei sich die verschiedenen Formen des Wassers (Dampf — flüssig — Eis) gemäß den thermodynamischen Umständen fortwährend ändern. Es besteht ein ständiger Kreislauf von Evaporation, Niederschlag und Ablauf. Hierbei werden viele Substanzen mobilisiert, die als Hydrosole in dem Zyklus teilnehmen, um von der Lithosphäre in die Hydrosphäre zu gelangen, wobei sie schließlich in Meeresbecken und auf dem Grund der Ozeane abgelagert werden.

Die Atmosphäre ist der äußerste Teil der Pedosphäre und besteht aus einer Mischung von Gasen und Dämpfen. Sie ist in fortlaufender Berührung mit der Lithosphäre und Hydrosphäre, wobei Wasserdampf und Luft die Zwischenräume der einzelnen Lithosphären-Komponenten ausfüllen. So sind atmosphärische Vorgänge der Troposphäre nicht allein für Klima und Wetter von entscheidender Bedeutung.

Den das Leben tragenden und erhaltenden Teil nennt man Biosphäre. Sie schließt Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen ein, beansprucht den unteren Teil der Troposphäre, wahrscheinlich die gesamte Hydrosphäre und die obere, dünne Lage der Lithosphäre. Trotz ihrer geringeren Masse gegenüber der Lithosphäre und Hydrosphäre ist die Biosphäre bemerkenswert aktiv, was bei der Boden-Entstehung und dessen Dynamik deutlich wird.

Es gibt keine scharfen Grenzen zwischen Ursprungsgestein, verwittertem Fels, Bodenrohmaterial und Boden. Auch differenziert die Natur nicht zwischen Boden und Umgebung. Physikalische, chemische und biologische Vorgänge sind gleichzeitig und untereinander an der Bodenbildung beteiligt. Hierbei kommt es zu unvorstellbar zahlreichen und äußerst komplizierten Wechselwirkungen amorph und kristalliner Partikel organischer und anorganischer Herkunft. So ist die Matrix des Bodens geradezu ein Tummelplatz kolloidchemischer Vorgänge, wobei Adsorptionserscheinungen überwiegen.

Im gemäßigten und feuchten Klima besteht der Boden gewöhnlich aus einer dünnen Lage von in Zersetzung befindlichen Pflanzenresten über dem Oberboden. Humusstoffe und mikrobielle Stoffwechselprodukte, die leicht in Regenwasser löslich sind, haben solche Böden mit der Zeit ausgewaschen. Hierbei entstand ein „Eluvial“-Horizont, während sich in dem tiefer liegenden „Anreicherungshorizont“ die vorher mobilisierten Metall-Ionen, Kieselsäure und organische Polymere wiederum niedergeschlagen haben. Doch sind zahlreiche Verbindungen mit dem Grundwasser wegtransportiert worden, vor allem die Salze von Na, Ca, Mg und die wasserlöslichen Humus-Metall Chelate als Sequestrate.

Dagegen ist in den typischen Trockengebieten

mit wenig Regen, hoher Temperatur und enormer Evapotranspiration, die Auswaschung gering. Organische Reste werden sehr schnell und bis in ihre Grundbausteine abgebaut. Bei geringer chemischer Verwitterung ist der physikalische Gesteinszerfall erheblich.

In den Subtropen und Tropen ist der Boden auch ein physikalisches Verwitterungsprodukt, doch begünstigen die hydrothermischen Verhältnisse eine rapide Streuzersetzung durch Mikroorganismen. Obschon es zu keiner Humusanreicherung kommt, sind die Vorstufen des Humus mit niedrigem Molekulargewicht und zahlreichen aktiven Gruppen in der Lage, freigelegte Mineralien zu komplexieren. Während die Metall-Humus Sequestrate wiederum durch die heftigen Regengüsse abtransportiert werden, kommt es zur Anreicherung von Eisen- und Aluminium-Oxyden, die diesen Böden die charakteristische gelbe, gelb-rote oder rote Farbe verleihen. Im kalt-feuchten Klima mit niedriger Evapotranspiration während des längsten Teils im Jahre kommt es zur intensiven Auswaschung aller Ionen. Hierbei spielen die aus Pflanzenresten freigelegten Polyphenole mit den mikrobiellen Stoffwechselprodukten die entscheidende Rolle als Chelatbildner. Diese nördlichen Landstriche sind dann auch die typischen Podsol-Regionen unserer Erde. Wenn kalte Böden einen hohen Wasserspiegel mit mangelhafter Wasser-

führung besitzen, dann kommt es zur Ausbildung wassergesättigter, kompakter und strukturloser Gleiböden mit negativem Redox-Potential, niedriger biologischer Aktivität und wenig Fruchtbarkeit. So ist der Boden ständig in Entwicklung und mit der Zeit bilden sich mehr oder weniger ausgeprägte Horizonte heraus, deren Querschnitt man als Bodenprofil kennt. Das Ausmaß der Profil-Entwicklung hängt hierbei von der Intensität und Dauer der Einwirkung der verschiedenen Faktoren unter gegebenen Bedingungen ab. Das jeweilige und augenblickliche Profil ist das Ergebnis solcher Einwirkungen, doch stellt es kein Ende dar. Ohne Zweifel ist das Klima der einflußreichste Parameter für die Dynamik der Bodengenese. Es beeinflusst nicht nur die Verwitterung, sondern auch die weitere Entwicklung des Bodens indirekt über Vegetation und Edaphon. Die mannigfachen Vertreter des Tier- und Pflanzenreichs, einschließlich der Mikroorganismen, sind nicht nur Lieferanten des organischen Materials, sondern es ist vor allem ihre Tätigkeit, die den Boden zu einem dynamischen Gebilde macht.

In der Natur sind perfekt flache Flächen aus einheitlich durchlässigem Material und homogenem Wasserspiegel selten. Die vorherrschende Topographie beeinflusst ebenfalls Bodenfeuchte, -temperatur und -luftzusammensetzung. Äußere und innere Erosion tragen zur Profilentwicklung bei, wodurch

die scharfen Unterschiede zonaler Bodentypen etwas gemildert werden. Es kann sogar im gleichen klimatischen Gebiet und auf gleichem mineralischen Ursprungsmaterial bei undulierender Topographie zur Ausbildung deutlich erkennbarer Mikro-Reliefs kommen.

Trotzdem lassen sich die verschiedenen Bodentypen in Gruppen mit gemeinsamen Charakteristika zusammenfassen. Böden, die die Wirkung aller Kräfte auf organisches und anorganisches Ursprungsmaterial während langer Zeiträume wieder spiegeln, nennt man normale oder zonale Böden.

In manchen Böden wirkt das Wasser gleichgewichtsstörend und man nennt sie hydromorphe Böden, die wiederum den intrazonalen Böden angehören. Gleit- und Grundwasserböden sind die typischen Vertreter dieser Gruppe.

Böden mit wenigen oder keinen morphologischen Charakteristika gleichen ihrem Elternmaterial und man nennt sie azonale. Frisches Alluvium und vom Wind transportierte Sande sind typische Vertreter dieser Gruppe. Streng genommen kann man diese mineralischen Materialien nicht als Boden bezeichnen, da sie noch nicht lange genug den bodenformenden Faktoren und Bedingungen ausgesetzt waren. Auch hat in ihnen noch keine Mischung mit den anderen Bodenkomponenten

stattgefunden, so daß auch keine Struktur entstehen konnte.

Die Böden der Übergangszonen zwischen semi-arid und sub-humid sind die wichtigsten für die landwirtschaftliche Nutzung. Die braunen und schwarzen Bodentypen, die früher Steppenböden waren, sind die ältesten Ackerböden. Nachdem diese fruchtbaren Landstriche fast völlig kultiviert sind, werden nun in steigendem Maße die Böden der weniger fruchtbaren Savannen und Wälder genutzt. Der Ackerbau breitet sich somit in früher kaum beachtete Gebiete aus, was besonders für Nord-Amerika, Asien und Australien zutrifft. Je drastischer die klimatischen Bedingungen, je extremer die Bodentypen! Damit steigen aber auch die Schwierigkeiten und Begrenztheiten des Menschen, diese schwierigen Böden zu verbessern und zu korrigieren. Im Gegensatz zu seinem mineralischen Elternmaterial besitzt der Boden Fruchtbarkeit, eine dynamische Eigenschaft, Pflanzen zu tragen. Mit dem Edaphon besiedeln die Pflanzen den Boden und geben durch Photosynthese und Abbau der Pflanzenzellwandsubstanzen Energie an den Boden ab. Die Fruchtbarkeit eines Bodens ist deshalb der Ausdruck und das Maß für Vegetation und Edaphon den höchst-erreichbaren Lebensstandard zu sichern. Das spiegelt sich in der Struktur eines Bodens wieder. Während in unfruchtbaren Böden die Struktur hauptsächlich das Ergebnis

abiotischer Vorgänge ist, z. B. die Zementierung einzelner Partikel durch Eisen- und Aluminiumhydroxyde, ist sie in fruchtbaren Böden die Folge biotischer Aktivität, nämlich das Formen und Miteinanderverbinden einzelner Bodenpartikel. Mikroorganismen synthetisieren die mannigfachen Bindesubstanzen. Zur gleichen Zeit sind alle Vertreter des makrobiellen Edaphons damit beschäftigt, Gänge, Poren, Risse, Spalten und Nischen auszubilden und damit die sichtbare Struktur des Bodens zu formen. Die höhere Pflanze nimmt mit ihrem Wurzelsystem ebenfalls an der Ausbildung dieser Matrix teil, wobei die einzelnen Bodenpartikel auseinandergeschoben, zusammengedrückt und durchwachsen werden. In Verbindung mit den aus abgestorbenen Wurzelresten durch Mikroorganismen und Hetero-Polykondensation entstandenen Humusstoffen bilden sich bei Anwesenheit von Tonmineralien die äußerst adsorptionsfähigen Ton-Humus Komplexe. Diese sind denn auch die eigentlichen Träger der typischen Grasland-Struktur, die als Krümelverband erscheint und der Prärie ihre Fruchtbarkeitsreserve verleiht. Die Graswurzel mit ihrer verkorkten Exodermis und verholzten Endodermis stellt ein günstiges Ausgangsmaterial für die Humifizierung dar. Bodenfruchtbarkeit bildet sich und ernährt sich gleichsam immer aus sich selbst heraus! Das gilt vor allem für die gewaltige ökologische Welt des Waldbodens, wo Mit-

glieder der Meso- und Macrofauna, einschließlich der Invertebratae mit ihren Larven, die wichtigsten Strukturbildner sind. Hier wird Bodenfruchtbarkeit zum biophysikalischen Phänomen! Sie betrifft die Umwandlung von Energie, hauptsächlich in der Pflanze, wo Wärme und Licht in chemische Energie umgewandelt werden. Diese kehrt dann früher oder später in Form von pflanzlichen oder tierischen Rückständen in den Boden zurück, wo das komplexe und vielseitige Edaphon sie wiederum benutzt zum Leben und zum Aufbau seines Habitats.

Pflanzen sind also ein Teil des biotischen Faktors der Bodenbildung und durch die Verknüpfung von Boden und Pflanze auf engstem Raum muß man den Boden als Komponente des Ökosystems gelten lassen, in dem die Pflanze der botanische Gegenpart ist. Man kann also den Boden nicht als eine in sich abgeschlossene und damit unabhängige Einheit betrachten.

So ist es auch nicht verwunderlich, daß viele Auffassungen in Pedologie und Phytosoziologie die engen Beziehungen von Boden und Pflanze widerspiegeln. Wenn Vegetation und Standort, Phytocoenose und Biotop, Teile einer größeren Einheit sind, dann können sie auch nicht isolierte Einheiten sein. So haben denn auch einige Phytosoziologen und Pedologen erkannt, daß das System Vegetation-Boden eine dynamische Einheit

ist und auch als ein Ganzes auf Einflüsse reagiert.

Allgemein nimmt man an, daß der Gipfel der Entwicklung von Vegetation und Boden erreicht ist. Wenn beide im Gleichgewicht mit allen einwirkenden Faktoren und Bedingungen sind, vor allem mit den klimatischen Verhältnissen. Doch ist eine Umgebung niemals in einem statischen Equilibrium, vielmehr gehen in ihr ständig eine Vielzahl von Veränderungen vor sich, von denen einige wiederum das Ergebnis der bodenformenden Prozesse selbst sind. Grundsätzlich besteht der Inhalt eines Ökosystems aus Kreislauf, Umformung und Anreicherung von Energie durch Lebewesen und deren Aktivität. In einem anthropogenen Ökosystem kommt noch die eine oder andere Pflanzennutzung wie Beweidung, Ernte oder Abholzung hinzu.

Da nun das System Boden Energie für seine Leistung braucht, ist seine Umsatzrate direkt proportional der Intensität der treibenden Kräfte in der gesamten Umgebung. Dies scheint mir der Hauptgrund für das Versagen des vereinfachten Bodenzonen-Prinzip, bei dem der klimatische Effekt überbetont wurde, während man die Rolle der Vegetation völlig außer Acht ließ.

Auf der anderen Seite ist die Analyse der Phyto-coenose ebenfalls allein nicht in der Lage, die Leistung eines Ökosystems zu repräsentieren, da in einem dynamischen System wie Boden und

Pflanze unübersehbare Wechselbeziehungen bestehen.

Zur Charakterisierung eines Ökosystems sollten also Reaktionsabläufe herangezogen werden und nicht so sehr äußere Faktoren und Bedingungen. Eine solche Interpretation wird dann auch dem dynamischen Equilibrium des Systems Boden und Pflanze in seiner jeweiligen Umgebung gerecht. Menschliche Aktivität findet in der angewandten Pflanzenökologie wie Forst- und Landwirtschaft einen geeigneten Platz, da hier ständig neue Ökosysteme geschaffen werden. Obschon die Handhabung solcher anthropogenen Ökosysteme gezielt ist, bleiben die wesentlichen Wechselbeziehungen zwischen Boden und Pflanze die gleichen. Gleichzeitig empfiehlt sich jedes anthropogene Ökosystem, die gegenseitige Beeinflussung von Boden und Pflanze praktisch aufzuzeigen. Allerdings treten beträchtliche Schwierigkeiten auf, wenn man den Effekt und die Tendenz des Ökosystems abschätzen will. In anderen Worten, wie soll die Physiologie eines Ökosystems dargestellt und verdeutlicht werden?

Den wichtigsten Impuls erhält der Boden durch Gegenwart und Aktivität von Organismen, nämlich von seiner Vegetationsdecke und von den Mikroorganismen, die in ihm leben, mit ihren zahlreichen reaktionsfähigen Stoffwechselproduk-

ten. Die lebende, organische Masse ist die eigentliche und treibende Kraft jedes Ökosystems!

Alle Vorgänge im Boden spiegeln sich wieder in Menge und Eigenschaften der in ihm vorkommenden Humusstoffe. Die Synthese der Humusverbindungen hängt in hohem Maße von der biochemischen Aktivität aller Bodenorganismen ab und von physikalisch-chemischen Besonderheiten wie Kondensation und Polymerisation, die wiederum von anderen bodenbildenden Faktoren beeinflusst und gesteuert werden. Außerdem unterliegen die Humusverbindungen ständigem Wechsel, sowohl Vermehrung als auch Verminderung, wobei auch tiefe Veränderungen in der Molekularstruktur stattfinden. Daraus ergeben sich wiederum einschneidende chemische, physikalisch-chemische und biologische Besonderheiten. Logischerweise können demnach Bestimmungen des Humusspiegels und Untersuchungen über die Zusammensetzung der Humusstoffe im Boden wertvolle Informationen geben, wie die Entwicklung des Bodens geschah und wie sich derzeitige Vegetation und Boden gegenseitig beeinflussen. Der überwiegende Teil des gesamten Reaktionskomplexes im Boden während der Mineralisierung und Humifizierung organischer Reste beruht auf der Enzym-Aktivität der Bodenorganismen mit vorhergegangener mechanischer Zerkleinerung durch Vertreter der Meso- und Makrofauna. Der Boden kann mit

Recht als ein gigantisches biochemisches Laboratorium angesehen werden!

Bei der Verwitterung von Gesteinsmaterial und dem Abbau organischer Reste spielen Oxidations-Reduktionsprozesse eine wichtige Rolle. Wie jedes biologische System besitzt auch jeder Boden sein charakteristisches Grenzpotential, hervorgerufen durch das Vorhandensein einer Anzahl von Verbindungen im oxidierten oder reduzierten Zustand. Abgesehen vom Einfluß gelöster Salze und kolloider Tonmineralien sind Humussubstanzen und wichtige mikrobielle Stoffwechselprodukte wirkungsvolle Elektronenlieferanten, die der gesamten Umgebung einen reduzierenden Charakter verleihen. Mikroorganismen sind außerdem in der Lage, mittels Ausscheidung von aktiven Substanzen ihr eigenes Redox-Potential einzustellen, bei dem sie optimale metabolische Bedingungen haben.

Mechanische Zusammensetzung des Bodens (Textur) und seine Tiefe oberhalb des Grundwasserspiegels beeinflussen die Rate der Sauerstoff-Diffusion. Mikropedologisch gesehen, sind die Böden weder horizontal noch vertikal in dieser Hinsicht homogen. Das trifft sogar für die ansonsten gut durchmischte Ackerkrume zu.

Diese Unterschiede und Schwankungen im Redox-Potential sind engstens verknüpft mit der Biodynamik des Bodens. Die laufende Überwachung dieses physikalisch-chemischen Kriteriums

gibt bereits wertvolle Hinweise auf den jeweiligen Fruchtbarkeitszustand des Bodens.

Somit ist die Möglichkeit gegeben, die Dynamik des Boden-Pflanze Systems mittels mikrobiologischer Aktivität und Redox-Potentials des Bodens zu verfolgen. Schwankungen des Makro- und Mikroklimas, die beide die hydrothermischen Bedingungen im Oberboden bestimmen, der eine natürliche oder anthropogene Vegetation trägt, sind ausschlaggebend für die Tendenz der gesamten biologischen Bodenprozesse.

Methoden und Techniken zur Erfassung der Biodynamik des Bodens

- a) Mechanische Analyse und Aggregationsstudien des Bodens
- b) Bestimmung der hydrothermischen Bedingungen des Bodens, einschließlich Evapotranspiration
- c) Kolorimetrische oder potentiometrische Messungen des Redox-Potentials und pH
- d) Primäre und sekundäre fluoreszenzmikroskopische Beobachtungen der anorganischen, organischen und lebenden Bodenkomponenten
- e) Bestimmung der biologischen Aktivität im Boden mit Enzym-Testen, Mikrorespirometrie (Warburg-Technik) und Membran-Filter Isolierung physiologischer Gruppen von Bodenmikroorganismen

- f) Charakterisierung der isolierten Humusverbindungen:
1. Menge durch Akriflavin-Adsorption (Fluorimetrie)
 2. Qualität durch optische Dichte (Kolorimetrie oder Spektrophotometrie)
- g) Gas-Zusammensetzung und -austausch im Boden mittels Gas-Chromatographie.

P. S. Andere gebräuchliche und zuverlässige Techniken können leicht in solche Untersuchungen eingebaut werden, je nach der Auslegung des Experiments.

Da nun alle genannten Erscheinungen wie hydrothermische Bedingungen, Redox-Potential, biologische Aktivität, Menge und Qualität der Humusstoffe unter gegebenen Pflanzengesellschaften ständigem Wechsel unterworfen sind, ist es naheliegend, verschiedene Ökosysteme, wie Waldgemeinschaften, Weideländer, Monokulturen, Fruchtfolge-Systeme, usw. von dieser biodynamischen Sicht her zu untersuchen.

Tabelle der Methoden und Techniken zur Erfassung der Boden-Biodynamik

Obwohl die Ergebnisse einer solchen Untersuchung keine absoluten Werte darstellen, sind sie zusammengefaßt in der Lage, neue Informationen zu liefern zur Erfassung der Leistung und Ent-

wicklungstendenz eines natürlichen oder anthropogenen Ökosystems in Forst- und Landwirtschaft. Diese Kenntnis, kombiniert mit analytischen Daten bewährter Boden- und Vegetationsanalysen, ermöglichen die optimale Nutzung eines gegebenen Ökosystems zur Erreichung ökonomischer Produktion bei gleichzeitiger Schonung der Natur.

Die ständige Vermehrung und Ausbreitung der menschlichen Species mit der Vervollkommnung der Technologie beeinflussen in zunehmenden Maße das natürliche Ökosystem. Der Mensch ist Werkzeugmacher und Manipulator des Ökosystems. Er besitzt dank seiner technischen Kenntnisse die Möglichkeit, das gegebene Ökosystem zu erhalten oder dessen Verfall zu beschleunigen. Solch ein Ökosystem kann als eine vorherbestimmte, dynamische Einheit betrachtet werden, die wie ein Uhrwerk entweder aufgezogen wird oder abläuft. So sind anthropogene Ökosysteme offene Systeme, in denen der Mensch verschiedene Funktionen ausübt, um sich eine günstige Umgebung zu schaffen. Jedes forst- oder landwirtschaftliche Programm ist damit dem gegebenen Ökosystem günstig oder abträglich.

Die fortlaufende Entfernung der Ernteprodukte und die damit verknüpfte, wenn auch äußerst langsame Verarmung der Böden an organischem Material führt zur weiteren Störung des biologischen Gleichgewichtes im Boden und stellt die

Hauptform der Ökosystem-Nutzung dar. Hinzu kommt die Ansammlung toxischer Substanzen in Form von Biociden, Abwässern, ausgewaschenen Nitratdüngemitteln und Mikro-Elementen durch menschliche Tätigkeiten, die das Ökosystem einschneidend und auf lange Zeit hin stören. Andererseits kann der Mensch das Ökosystem verjüngen, indem er das System Boden und Pflanze in seiner Leistung verbessert und Diskrepanzen ausmerzt. So ist er nicht nur Zeuge des Wettbewerbs der aufbauenden und zerstörenden Kräfte in seiner unmittelbaren Umgebung, sondern nimmt selbst daran teil. Er hat es in der Hand, die aufbauenden Kräfte weitgehend zu unterstützen. Dabei kann er Maßnahmen planen und durchführen zur Erhaltung und Verbesserung des Ökosystems innerhalb der Biosphäre. Dieses ist dann wohl auch die eigentliche Berufung des Ökologen, Forstpflegers und Agronomen.

Das System Boden und Pflanze Natürlich

PEDOLOGIE

Bodeneigenschaften:

Textur, Struktur,

Aggregation, Porenvolumen, Wasserführung,

PHYTOSOZIOLOGIE

Vegetationsmerkmale:

Climax- und Standortspopulation, Wurzelwachstum, Insolation,

— 19 —

EDAPHON

Lebende Organische Masse
Biologische Aktivität und Stoffwechsel

GROSZ-KLIMA

MIKRO-KLIMA

Agrometeorologie

Hydrothermische Bedingungen, Evapotranspiration

Anthropogen

KULTURBODEN

Aufgeschüttete Kunst-
böden, Bewässerung,
Drainage, Tiefpflügen,

KULTURVEGE- TATION

Nutzwald, verbesserte
Weiden, Brache, Mono-
kultur, Fruchtfolgen,
Dauergras,

Kulturmaßnahmen

Saatbett-Vorbereitung, Düngung, Biocide, usw.

Ein tiefes und wirkliches Verstehen der Natur kann nur aus der Kenntnis der vielen, in sich hoch differenzierten Einheiten erreicht werden, die jedes künstliche oder natürliche System charakterisieren. Eine solche integrierende Betrachtung ist denn auch die wahre Form von Erkenntnis und

Wissen. Hierbei bieten sich die Methoden der Kybernetik in hervorragender Weise an, das unvorhersehbare Verhalten lebender Systeme in einem gewissen Grade zu erkennen. So besteht der große Dienst der Kybernetik hauptsächlich darin, bisher unvereinbare Vorstellungen miteinander zu verknüpfen, was gerade für die Erforschung der Ökosysteme wichtig ist. Die funktionelle und faktorielle Methode mittels Computers wird bei genügendem Vorhandensein analytischer Daten die Möglichkeit geben, die Tendenz jeder Ökosystem-Entwicklung unter gegebenen Bedingungen vorherzusagen.

Mit Hilfe des Computers wird dabei das echte System, in unserem Fall Boden und Pflanze, mit all seinen Einzelheiten und Umgebungsbedingungen simuliert. Damit wird unser Verstehen des Systems erleichtert, wodurch wiederum die optimale Kontrolle und Manipulation des Systems ermöglicht wird.

Zur Erreichung dieses für uns alle wichtigen Zieles bedarf es noch viel Arbeit und innerer Umstellung und Umdenkens der beteiligten Wissenschaftler.

L i t e r a t u r

- Evans, F. c., 1956: Ecosystem as the basic unit in ecology. *Science*, 123 (3208): 1127—28.
Lindemann, R. L., 1942: The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23 (4): 399—418.

- Nikiforoff, C. C., 1959: Reappraisal of the soil. Science, 129 (3343): 186—96.
- Pallmann, H., 1949: Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. Zürich: Int. Verb. forstl. Forschungsanst.: 57—95.
- Pauli, F. W., 1967: Soil Fertility — A Biodynamical Approach. London: Adam Hilger LTD. xii + 204 pp.
- Tansley, A., 1923. Practical plant ecology. Allen & Unwin Ltd., London.
- Yaalon, D. H., 1960: Some implications of fundamental concepts of pedology in soil classification. Madison: 7th I. S. S. Congress, V, 16: 119—23.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [110](#)

Autor(en)/Author(s): Pauli Harald

Artikel/Article: [Die Kennzeichnung der Ökosysteme durch die Biodynamik des Bodens. 1-21](#)