



## „Die Bedeutung des Edaphons für die Bodenfruchtbarkeit“

Dieser Titel weist eher auf einen trockenen vielleicht langweiligen weil wissensorientierten akademischen Vortrag hin. Bei dem oben genannten Thema geht es darum, abzuklären, in wie weit definierte Bodenlebewesen dafür sorgen, dass es auf und aus der Erde wächst, gedeiht und die meist grünen Pflanzen dabei Frucht schaffen. Wie fruchtschaffend auf unserem Planeten Ökosysteme funktionieren, davon können wir uns ein großartiges Bild verschaffen, wenn wir tropische Urwälder aufsuchen oder in unberührte Korallenatolle abtauchen. Eine ungewöhnlich hohe und dabei spektakuläre Artenfülle beeindruckt uns hier wie dort - sogar so sehr, dass wir über den Schutz dieser Paradiese ernsthaft nachdenken und erste Maßnahmen zum Erhalt auf internationaler Ebene veranlassen.

Könnten wir mit genmanipulierten dann mikroskopisch sehenden Augen durch das Erdreich eines Kalkbuchenwaldes z. B. des gerade neu beschlossenen Nationalparks Buchenhochwald des Hunsrücks wandern und dabei eine Fotostrecke legen, so würden wir aufregende Bilder einer sehr biodiversen Lebensgemeinschaft sehen. In den obersten Zentimetern des Bodens präsentiert sich reichstes Leben. Wir können es dort regelmäßig und in Hülle und Fülle antreffen – ohne dass wir als Menschen irgendetwas Unterstützendes dazu beitragen müssten.

Das Gesamtergebnis aus allen Leistungen des Edaphons lässt sich vor Ort im Wald einfach nur ehrfürchtig bestaunen: Viele hundert Jahre alte, stattliche Buchen mit stolzen Umfängen, bei denen geschäftstüchtige Forstwirte in Gedanken schon die Zähne der Motorsäge kreisen lassen wollen, weil solche Baumgiganten immer noch Reichtum versprechen. Was da über lange Zeiträume an Holzzuwachs in Baumgestalt entstanden ist, spiegelt das Ergebnis aller beteiligten Bodenorganismen im Einklang mit den abiotischen Bodengegebenheiten wider: Die Gesundheit, die Biomasse einer Prachtbuche sind das konzertierte Resultat einer besonderen Bodenlebensgemeinschaft, die in ihren Gruppen einen Teil, zusammen aber die gesamte natürliche Fruchtbarkeit verkörpern.

Ehe ich auf die einzelnen Organismengruppen näher eingehen möchte, nenne ich die Hauptgruppen erst einmal als anonymes Ganzes: Bei der Bedeutung des Edaphons für die Bodenfruchtbarkeit geht es um fünf konzertierende Anteile: die Mikroflora, Mikrofauna, Mesofauna, Makrofauna und Megafauna.

Statt einer Exkursion durch den Urwald oder durch die Korallenbänke nehme ich Sie mit auf einen ganz nahe gelegenen Spaziergang in den humosen Oberboden und durch dessen turbulente Auflageschicht. Wir begegnen dort u.a. Springschwanz, Milbe, Tausendfüßer, Assel, Wurm und Zweiflüglerlarve dabei auf Augenhöhe. Vielleicht wird dieses Rendezvous ebenso faszinierend wie eine Safari in Zentralafrika oder die Klettertour durch die Wipfel der Baumriesen am Amazonas. Mein Vortrag könnte deshalb ebenso heißen:

**Auf der Pirsch durch die wilde Terra X inmitten eines merkwürdigen Gewusels unermüdlicher Bodenverbesserer und Humuslieferanten**

### Edaphon – was ist das?

Was wird eigentlich unter dem Sammelbegriff Edaphon verstanden? Dieser von dem französischen Botaniker Raul France eingeführte Terminus fasst das gesamte Leben aller Bodenorganismen zusammen. Nur die lebendigen Pflanzenwurzeln bzw. die oberirdischen höheren Pflanzen gehören nicht zum Edaphon.

Das Edaphon besteht somit aus sehr unterschiedlich hoch organisierten Organismengruppen. Das Lebendige im Boden startet s mit Archaeen, Bakterien, Protozoen, Algen, Pilze und endet bei den Tieren. Zwischen dem kleinsten Bakterium und dem Maulwurf liegen einige Größenwelten.

Im Maulwurf befinden sich zumeist Regenwürmer. In den Regenwürmern befinden sich organische Pflanzenreste. Auf den Pflanzenresten wachsen Bakterien und Pilze. In Ihnen werden Pflanzennährstoffe wieder freigesetzt. Auch das ist ein Einblick ins Edaphon.

Das gesamte Edaphon ist sehr unterschiedlich an den Zersetzungsprozessen beim Abbau der organischen Substanz zu Humus beteiligt. Unter natürlichen Bedingungen – wie sie weitgehend in einem naturnahen Wald beobachtet werden können – sorgt dieses Zusammenwirken extrem unterschiedlich weit entwickelter Organismen für in sich geschlossene Kreisläufe und eine damit einhergehende dynamisch fortschreitende Bodenentwicklung.

### Wie groß ist der Anteil des Edaphons am Bodenkörper?

Wenn wir den Bodenkörper zunächst als Ganzes betrachten, besteht er etwa zur Hälfte aus mineralischen Bestandteilen. Ein Viertel von ihm füllt Luft, um die 20% Volumenanteile sind Wasser. Der Rest etwa 3- 7% macht die organische Substanz aus. Trennen wir diese genauer auf, so stoßen wir auf ca. 85% Humusanteile, auf etwa 10% Pflanzenwurzeln und um die 5% Edaphon = Bodenorganismen.

Auch das Edaphon können wir weiter aufschlüsseln: Es setzt sich zusammen aus: 40% Bakterien, 40% Algen und Pilze als Bodenflora die übrigen 20% sind Bodentiere die als Bodenfauna zusammengefasst werden.

In dem gesamten Bodenkörper finden sich somit nur etwa 0,25% Edaphonanteile wieder.

In diesem verschwindend kleinen Rest tobt dennoch ein unglaublich arten – und individuenreiches Bodenleben.

Hier nur einige ungefähre Zahlenannäherungen (Arten und Biomassengewichte) bezogen auf einen Quadratmeter Boden mit 30 Zentimeter Tiefe:

	Arten	Biomassengewichte in[g]
Archaeen	keine Angaben	keine Angaben
Bakterien	1000 – 10 000 Arten ?	200 – 1200
Pilze	100 – 1000 Arten ?	100 – 1000
Einzeller	100 und mehr?	5 – 150
Algen	100	20 – 150
Rädertiere	50?	0,01
Fadenwürmer	100 – 500?	5 – 50
Milben	50	0,5 – 4
Springschwänze	20	0,5 – 4
Enchytraeiden	50	5 – 50
Schnecken	10	1 – 30
Spinnen	10	0,2 – 1
Asseln	10	0,4 – 1,5
Vierfüßer	20	5 – 15
Käfer	25	1,5 – 20
Zweiflügler	25	1 – 15
sonstige Insekten	20	1 – 5
Regenwürmer	5	30 – 400
Wirbeltiere	0,01	0,1 – 1

Nach dieser fiktiven Abschätzung kämen auf einen Quadratmeter ungestörten Waldboden im Durchschnitt etwa 6000 Arten - im Optimum sogar ein Vielfaches davon. Die Biomasse schwankt dann zwischen knapp 300 g/m<sup>2</sup> und über 3000 g/m<sup>2</sup>.

### **Die Kleinsten leisten das Größte**

Will man nun die Bedeutung des Edaphons für die (natürliche) Bodenfruchtbarkeit bestimmen, so muss als wichtigstes erstes die Bodenflora genannt werden. Wir können diese Organismen leider ohne mikroskopische Hilfen nicht sehen. Hochvergrößert sind aber z. B. bei den Bakterien kaum morphologische Strukturmerkmale für die Artbestimmung unterscheidbar. Ihre Dienste bei der Mineralisation von organischer Substanz sind aber spektakulär und durch andere Vertreter des Edaphons nicht einmal ansatzweise leistbar.

Allein in einer Handvoll Erde vermuten wir Tausende von Arten aus dem Reich der Bakterien, Pilze und Einzeller. Unterscheidbar sind diese oft nur an den hochspezifischen physiologischen, biochemischen Leistungen innerhalb der Zersetzungsprozesse. Für die Bodennutzung im Rahmen der Landwirtschaft ist diese Bodenflora der entscheidende Faktor für Ertragsfähigkeit bzw. Produktivität ihrer Standorte. Die komplette Bodenfauna scheint dabei auf Ackerstandorten vernachlässigbar zu sein. Die Mikroflora muss allein für die Verfügbarkeit der Nährstoffe sorgen. Die Bodenfauna erscheint im Hinblick auf ihre Leistungen eher eine Gemeinschaft von Luxusgeschöpfen zu verkörpern.

Wer aber eine abenteuerliche Rallye durch die sehr belebten oberen drei Zentimeter eines nicht oder höchstens extensiv bewirtschafteten Bodens machen möchte, der sollte dazu einen wildnisgeprägten Buchenwald aufsuchen, um dort das Bodenleben nachvergrößert zu betrachten. Dieses Gewimmel und Gewusel meist millimetergroßer Bodentiere zeigt einen Artenreichtum, der selten besichtigt oder gar gewürdigt wird. Wer kennt sich schon aus in den dunklen Bodenwohnstuben von Gleichringlern, Moosmilben, Wenigfüßern, Federflüglern, Kurzflügelkäfern, Beintastlern, Doppelschwänzen, Sumpfasseln, Saftkuglern, Laubschnecken, Pilzmückenlarven und weißen Ringelwürmern?

Kellerassel, Regenwurm, Maulwurf oder Wühlmaus - denen könnte man schon eher bisher begegnet sein – ohne dass in den meisten Fällen dabei eine tiefere Freundschaft zu diesen Akteuren der Unterwelt entstanden wäre.

### **Wem nützt das Edaphon?**

Welche Aufgaben übernehmen die relativ großen Bodentiere bei der Zersetzung von organischer Substanz und wie bedeutend sind diese Leistungen für die Bodenfruchtbarkeit?

Die ganz großen Tiere können den Boden durchwühlen, mischen, lüften und sorgen damit für Bioturbationsmaßnahmen. Darwin hat die Leistung der Regenwürmer in seinen Schriften immer wieder gewürdigt. Er vermutet, dass das gesamte Erdreich von Großbritannien schon mehrmals durch den Darm der Würmer gewandert und stark verbessert wieder ausgetreten ist.

Erstzersetzer übernehmen die wichtige Zerkleinerungsarbeit z. B. von Falllaub, Totholz und anderem Bestandsabfall. Diese mit schneidenden Mundwerkzeugen ausgestatteten Bodentiere schließen damit Nahrung auf nach dem Nussknackerprinzip. Andere verdauen die organische Substanz nur sehr grob. Ihr Kot ist danach aber auch für die Mikroflora interessant. Eine Assel produziert auf diese Weise viele Pellets mit sehr hohem Brennwert für Kotfresser. Auch der eigene Kot wird durch die Aufbereitung von Pilzen und Bakterien als Nahrung wieder interessant. Dann gibt es wiederum Bodentiere, die Pilze und Bakterienrasen abweiden und damit die Aktivität und den Wirkungsbereich der Mikroorganismen deutlich steigern.

Schließlich bedienen sich einige Bodentiere quasi über Außenmägen. Sie fressen ihren oder den Kot von anderen, der zwischenzeitlich von Mikroorganismen weiter zerlegt worden ist. Sie profitieren somit von der Mikroflora, die die Nahrung weiter aufschließt und Nährstoffe nach und nach verfügbar macht.

Neben Kotfressern gibt es noch die Gilde der Aasfresser, der Schmarotzer und Räuber. Tiere die Pilzsporen aufnehmen und dabei sehr beweglich sind, verbreiten die Pilzsporen automatisch in ihrem Aktionsraum. Sie beimpfen ihre Umgebung und beschleunigen damit den Abbau.

Der überwiegende Teil der Bodenfauna ist darauf spezialisiert, sich saprophag zu ernähren. Sie nehmen tote organische Substanz als Nahrung auf.

### **Im Edaphon eine Fauna mit vielen Unbekannten**

Die Bodenfauna setzt sich im Wesentlichen aus folgenden Tiergruppen zusammen:

- Fadenwürmer
- Ringelwürmer
- Landasseln
- Weichtiere, Schnecken
- Tausendfüßer, Wenigfüßer, Zwergfüßer, Doppelfüßer
- Springschwänze, Doppelschwänze, Beintastler
- Spinnentiere, Milben, Pseudoskorpione
- Käfer
- Zweiflügler, Fliegen, Mücken
- sonstige Insekten, Ohrwürmer, Maulwurfsgrillen, Ameisenlöwen, Erdraupen
- Wirbeltiere

Neben der absolut unverzichtbaren Bodenflora für die Zersetzungsprozesse haben sich erstaunlich viele Arten der Bodenfauna im Laufe der Evolution entwickelt. Ihre Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit lässt sich nur in etwa abschätzen. Durch Bioturbation und Zerkleinerung wird die anschließende Abbaugeschwindigkeit und damit die Angreifbarkeit durch Mikroorganismen erhöht.

Ein ganz anderer Wert sollte aber unbedingt bedacht werden. Das Gewusel der meist nur millimeterkleinen Bodentieren gibt dem lebendigen Boden erst ein Gesicht. Die sehr weitreichenden Anpassungen an das Bodenleben haben zu sehr unterschiedlich gestalteten Tierformen geführt. Außerdem lässt sich gut ablesen, wie sich Körperformen ändern, wenn sie nur einen oder zwei Zentimeter tiefer im Boden leben als ihre Verwandten von oben. Die Arten- und Formenvielfalt der Bodenlebensgemeinschaft hat somit auch ästhetische Komponenten. Man schaue sich nur einmal die enorme Variabilität von Bodenmilben an.

Ein großes Manko ist allerdings das Fehlen von versierten Bodenbiologen, die nicht nur faunistische Bestandsaufnahmen an verschiedenen Standorten erheben können, sondern die auch auf vielen Multiplikator-Ebenen über das reichhaltige Bodenleben informieren.

Auch das Gewimmel in einem gut gepflegten Komposthaufen kann sich hinsichtlich des Artenspektrums sowie der Biomasse sehen lassen – da viele Bodentiere hier gern zu Kulturfolgern werden, so lange das Nahrungsangebot an Pflanzenresten nicht aufhört und die Zusammensetzung abwechslungsreich bleibt. An keinem anderen Platz der Erde können so viele Bodentierarten auf engstem Raum zusammentreffen und eine Biomasse bilden, die unter natürlichen Bedingungen niemals solche Ausmaße erreichen würde.

### **Killt landwirtschaftliche Praxis systematisch die attraktiven Anteile des Edaphons im Boden?**

Die Frage nach der allgemeinen Bedeutung des Edaphons für die Bodenfruchtbarkeit lässt sich nicht einfach herleiten bzw. eindeutig beantworten, da wir im Hinblick auf die Boden-nutzungsverhältnisse wohl in Parallelwelten leben. Während der zuvor schon zitierte althergebrachte naturnahe Buchenwaldstandort mit seinen nahezu ungestörten Bodenverhältnissen das komplette Edaphon aus allen taxonomischen Anteilen bereithält, fehlen Meso-, Makro- und Megafauna auf landwirtschaftlichen Nutzflächen nahezu vollständig. Ein Maisackerstandort erbringt durch erworbene Bodenfruchtbarkeit eine sehr hohe unnatürliche Ertragsfähigkeit. Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenzucht, Pflanzenschutzmitteleinsatz, Fruchtfolge bewirken, dass sich das höhere Bodenleben aus diesen Kulturflächen zurückzieht und sämtliche vitalen Aspekte der künstlichen Bodenfruchtbarkeit u.a. aus der einseitigen Förderung der Bodenflora hervorgehen. Maisäcker, viele Sonderkulturen wie Spargel, Zuckerrüben, Kartoffeln sind biologisch stark verödet – sichtbares Bodenleben ist extrem reduziert. Bei günstigen Witterungsverläufen ist aber ein großer Ertrag sicher.

Die stark gestörten bodenökologischen Verhältnisse führen zu einer enormen Reduzierung der Biodiversität – insbesondere des höheren Lebens. Laufen die Wachstumsphasen der hochgezüchteten Nutzpflanzen allerdings gestört z. B. durch lange Dürrezeiten oder durch Katastrophenniederschlagsmengen, dann besteht die große Gefahr, dass Nährstoffe wie Pflanzenschutzmittel ins Grundwasser verdriftet werden. Viele Nährstoffe werden im Ackerbau direkt in löslicher mineralischer Form auf den Boden gebracht. Unter natürlich biologischen Verhältnissen entsteht über die Aktivität der Mikroorganismen im Kollektiv mit der übrigen Bodenfauna mehr Dauerhumus, der nicht so leicht seine Nährsalze durch Auswaschung verliert.

Wer einen durch und durch belebten Boden haben möchte, darf ihn nicht konventionell bewirtschaften. Die natürliche Bodenfruchtbarkeit als Ergebnis des gesamten Edaphons erreicht niemals die Erträge, die bei einer industrialisierten Landwirtschaft erzielt werden können, einer Landwirtschaft, bei der Boden nicht mehr als komplexes intensiv vernetztes Ökosystem eingestuft wird, sondern als homogenisiertes Substrat mit festgelegtem Anforderungen genutzt wird. Bodenbearbeitung besteht u. a. im Totpflügen der lebendigen Oberhaut des Bodens, in ausgeklügelten Düngeplänen mit großen Risikofaktoren bei Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln mit Vergiftung bzw. Unterdrückung jeglicher Beikräuter – unter solchen Bedingungen kann sich nicht einmal ansatzweise ein vollständiges und damit artenreiches Edaphon ausbilden.

Zwischen dem naturnahen Buchenwaldstandort im geschützten Nationalpark und dem Maisacker der Monokultur einer einzigen Nutzpflanze liegen biologische Welten.

Ein natürlicher Boden mit ungestörtem Profil und kontinuierlicher Entwicklung bietet eine Fülle von Kleinhabitaten als Wohnungen für Bodenleben an. Über die natürliche Bodenfruchtbarkeit sind die stattlichsten Bäume entstanden. Das Edaphon hat hier seine artenreichste Ausprägung gefunden, die Bodenbiologen je entschlüsselt haben.

Der Ackerbau verbessert ständig die Ertragsfähigkeit der Flächen. Dieses geht nur über eine erworbene Bodenfruchtbarkeit, die zu Lasten der sichtbaren Bodenbiologie geht.

Wenn der Ertrag stimmt, heißt das keineswegs, dass hier eine gute landwirtschaftliche Praxis umgesetzt wird. Rekordernnten erkaufte man immer mit großen Verlusten an Biodiversität. Der Boden gerät in immer größere Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsmethoden. Er büßt seine autonome ursprüngliche Bodenfruchtbarkeit ein und verliert zunehmend seine sichtbaren attraktiven Bewohner aus dem Edaphon.

### **Das Edaphon berichtet von drei Standorten: Wald, Wiese, Acker und findet: Artenreichtum, reges Leben und biologische Verödung**

Wer sich die Mühe macht, einen Maisacker, eine Kuhwiese und einen naturnahen Buchenwald im Hinblick auf das erkennbare Bodenleben zu vergleichen, der wird dabei extrem abweichende Ergebnisse erzielen. Am Ende der Untersuchung stellt sich die banale Frage: Warum fehlen, Würmer, Käfer, Schnecken, Asseln, Tausendfüßer nahezu vollständig auf Ackerflächen, wo doch der Mais so prächtig gedeiht? Warum sind nur einige wenige hartgesottene Springschwänze und Milben im Oberboden der Monokulturen, wo doch nur ein paar Meter außerhalb der Nutzfläche ein Vielfaches an Arten dieser typischen Bodentiere vorkommt?

Können wir uns das vollständige Bodenleben aus landwirtschaftlichen Gründen nicht mehr leisten? Reichen die wenigen Prozente an Flächen, auf denen kontrollierter biologischer Anbau erfolgt, aus, um die Defizite des konventionellen Ackerbaus auszugleichen?

Müssen für das Kilo billigen Schnitzelfleisches beim Discounter unzählige Bodentiere aus dem Edaphon ihren Kopf herhalten? Reduzieren wir bis zum Jüngsten Tag das natürliche Bodenleben durch die Praktiken der Erwerbslandwirtschaft und haben wir kaum Schmerzen dabei, weil eine Lebendigkeit verlorengegangen ist, die wir zuvor ja nicht einmal gekannt haben?

### **Edaphon zwischen Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit ein Fazit:**

Die Bedeutung des Edaphons für die Bodenfruchtbarkeit – was lässt sich resümieren:

- nur ein vollständiges Edaphon leistet eine optimale Humusbildung und sorgt für eine natürliche nachhaltige Bodenfruchtbarkeit.
- Je nach Intensivierung der Landwirtschaft werden diese Kreislaufprozesse aufgebrochen und durch Anbaumaßnahmen ersetzt, die die Bodenökologie negativ beeinflussen.
- Natur- und Kulturflächen entwickeln sich bodenökologisch immer stärker auseinander.
- Intensive Landwirtschaft reduziert auf großen Flächen die Lebendigkeit des Edaphons. Nur die Mikroflora bleibt modifiziert erhalten – diese kann aber am wenigsten erlebbar gemacht werden. Landwirtschaft verliert an Sympathie.
- Wir müssen stärker differenzieren zwischen einer natürlichen Bodenfruchtbarkeit und reichem Bodenleben und erworbener Ertragsfähigkeit, die mit einer biologischen Verödung von Bodenlebensräumen einhergeht.
- Die Faszination, die aus dem Gewimmel des Bodenlebensraums hervorgeht, kann nur noch in wildnishaften Waldgebieten geboten werden. Von diesen lässt sich kaum noch ein Verbund zu den landwirtschaftlichen Nutzflächen herstellen.
- Ökologischer Landbau, Einsatz von Qualitätskompost auf diversen Flächen, naturnahe Gartenpflege – das sind noch Trittsteine zwischen Bodenparadiesen im Wald und verödeten Produktionsflächen für separierte Nutzpflanzen.

Es gibt nur sehr wenige Menschen, die das Glück haben, tiefere Einblicke in das Edaphon zu erhalten. Als Biologe und im Naturschutz Tätiger zähle mich zu den Privilegierten und bin dankbar für diese Möglichkeiten, die sich mir für Bodennähe boten.

Eines habe ich durch meinen häufigen Blick nach unten gelernt:

**In guten Böden steckt nicht nur der Wurm!**

Dr. Gerhard Laukötter  
(ehem. Natur- und Umweltschutz- Akademie  
Nordrhein-Westfalen)  
Im Siepen 25  
45739 Oer- Erkenschwick

