

Bodenfruchtbarkeit – ein Kapital von unschätzbarem Wert

Kompostforum Schweiz
16.3.2005

Paul Mäder, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick

Die Erde ist ein lebendiger Organismus. Seit Jahrtausenden ist diese Tatsache in allen Kulturen der Welt verankert und findet Eingang in den Alltag, in die Bräuche und Religionen. Der Ausdruck «Mutter Erde» zeugt vom Respekt, welcher der Erde einst gezollt wurde. Dieser Gedanke hat in unserem rationalen Weltbild kaum mehr Platz. Der Boden steht von verschiedenen Seiten her unter Druck, alle wollen ihn nutzen. Vielfältigste Bedürfnisse unserer Gesellschaft führen zu einer schleichenden Zerstörung des fruchtbaren Bodens. Das FiBL will den Respekt vor der Mutter Erde auf der Grundlage moderner Erkenntnis fortführen und ruft deshalb das «Jahr des Bodens» aus, denn der Schutz des Bodens ist dringend nötig.

Der Boden steht im Mittelpunkt des Garten- und Landbaus. Und doch: Boden – bleibt ein wenig bekanntes Gut. So geläufig das Wort, so unbekannt die Lebewelt, welche dahinter verborgen ist. Dabei spielen die Bodenbestandteile eine zentrale Rolle, denn alles entsteht aus der Erde und wird wieder zu Erde. Bildlich gesprochen ist Boden die äussere Haut der festen Erdkruste. Von der belebten, humushaltigen, nur wenige Zentimeter bis Meter dicken Haut hängt alles pflanzliche, tierische und schliesslich auch das menschliche Leben auf Erden ab.

Fast unvorstellbar sind die Zeiträume, die für die Bildung eines Bodens notwendig sind: Für die Entstehung einer 30 cm tiefen Bodenschicht braucht es zwischen 1000 und 10'000 Jahre. Die ertragreichsten Böden in der Schweiz sind über Gletscher-, Fluss- und Seeablagerungen nach der letzten Eiszeit hauptsächlich im Schweizerischen Mittelland entstanden. Diese Ausgangsmaterialien sind reich an Nährstoffen und haben eine vielseitige Zusammensetzung. Böden über Kalk im Jura oder über Silikat in der Zentral- und Südschweiz sind in ihrer Zusammensetzung oft einseitiger.

Was ist Boden?

Boden besteht aus mineralischen Substanzen, Nährsalzen für die Pflanzen, organischen Stoffen, Luft, Wasser und Lebewesen. Zu etwa 40-60 Vol% setzt sich ein Boden aus Feststoffen und zu 40-60 %Vol aus Hohlräumen zusammen. Unter den Mineralien nehmen die Tonminerale eine hervorragende Stellung ein, weil sie eine riesige innere Oberfläche aufweisen, die für den Nährstoffaustausch sehr zentral ist. Diese Oberfläche kann bei einem Würfel mit 30 cm Kantenlänge bis 10 Quadratkilometer messen. Die Tonminerale verbinden sich zu stabilen Ton-

Humuskomplexen, die wichtige Bestandteile von stabilen Bodenaggregaten sind. Infolge von Säureeinträgen aus belasteter Luft kann es insbesondere in Waldböden, die nicht gekalkt werden, und die natürlicherweise oft schon eine schlechtere Pufferung als Landwirtschaftsböden aufweisen, zu einer drastischen Bodenversauerung (pH-Absenkung) kommen, welche im Endeffekt zu einer Tonzerstörung führt. Dadurch sinkt die Austauschbarkeit von Nährstoffen wie Kalium, Kalzium und Magnesium alarmierend und die Bäume leiden schliesslich an Mineralstoffmangel. Diese Prozesse werden derzeit intensiv diskutiert und im Rahmen von kantonalen Bodenbeobachtungsnetzen über die Zeit verfolgt.

Fruchtbarkeit und Bodenfunktionen

Der Boden ist Lebensraum für eine unvorstellbare Vielzahl von Kleinstlebewesen, Tieren und Pflanzenwurzeln. Ein fruchtbarer Boden trägt bei geringem Aufwand an Düngern, Pflanzenschutzmitteln und Energie über Generationen gesunde Früchte. In einem fruchtbaren Boden setzen die Bodenlebewesen Dünger effizient in ansprechende Pflanzenerträge um, bauen Humus auf, schützen die Pflanzen vor Krankheiten und machen den Boden krümelig. Ein solcher Boden lässt sich leicht bearbeiten, nimmt das Regenwasser gut auf und neigt weniger zur Verschlammung und Erosion. Des weiteren verhilft uns ein fruchtbarer Boden durch seine Filtereigenschaften zu sauberem Grundwasser und puffert Säuren, welche durch belastete Luft auf die Bodenoberfläche gelangen. Nicht zuletzt ist ein fruchtbarer Boden ein effizienter Speicher für Nährstoffe und beugt dadurch der Eutrophierung von Flüssen und Seen vor.

Boden – ein belebtes System

Ein gesunder Boden ist intensiv belebt und weist eine hohe Artenvielfalt auf. Die oberste Bodenschicht von 0-30 cm enthält pro Quadratmeter durchschnittlich etwa 60'000'000'000'000 Bakterien, 1'000'000'000 Pilze und 200 Regenwürmer. Das entspricht für jede einzelne dieser drei Gruppen einem Gewicht von 100 Gramm. Bemerkenswert ist, dass für 95% der Insekten ein bodenbewohnendes Stadium lebensnotwendig ist.

Regenwürmer sind der am besten sichtbare Beweis für einen belebten Boden. Sie fressen lange Gänge durch das Erdreich. Dadurch vermischen sie Mineralisches und Organisches intensiv. Das nicht Verdaute wird an der Bodenoberfläche als Kothäufchen abgelagert. Dieser Regenwurmkot ist äusserst nährstoffreich und wasserstabil. Die Regenwurmgänge lockern und durchlüften den Boden. Durch sie kann Regenwasser in den Boden einsickern, wodurch der Bodenverschlammung und Erosion vorgebeugt wird. In den Gängen wachsen Wurzeln bevorzugt bis in einige Meter tiefe. Pilze und Bakterien helfen, abgestorbenes organisches Material in seine mineralischen Bestandteile zu zersetzen, welche den Pflanzen wieder als Nährstoffe zur Verfügung stehen. Durch Ab- und Umbauprozesse der Streustoffe entstehen durch mikrobielle Tätigkeit die Huminstoffe, welche eine dunkle Farbe haben und meist hochmolekulare, komplex aufgebaute Produkte sind.

Eine besonders wichtige Gruppe von Bodenbewohnern sind die Mykorrhizapilze, welche mit Wurzeln in einer Symbiose vergesellschaftet sind. Sie liefern der Pflanze Nährstoffe und Wasser und erhalten von der Pflanze im Gegenzug Zuckerverbindungen aus der Photosynthese. Pro Zentimeter Wurzeln finden wir rund 10 m Mykorrhizapilzfäden. Diese erhöhen die Kontaktfläche zwischen Wurzel und Boden erheblich, erleichtern den Stoffaustausch und schützen die Wurzel vor

Krankheitserregern. Ebenso zentral im biologischen Garten- und Landbau ist die Symbiose zwischen Pflanzenwurzel und Knöllchenbakterien: Knöllchenbakterien fixieren in Symbiose mit Leguminosen (Schmetterlingsblütler) elementaren Stickstoff aus der Luft. Davon profitieren direkt die Schmetterlingsblütler, aber über den Kreislauf Boden - Pflanze auch Folgefrüchte. Ökologisch bedeutungsvoll ist, dass über Mykorrhizapilze Stickstoff von absterbenden Leguminosewurzeln auf Nichtleguminosepflanzen transportiert und damit vor Auswaschung geschützt werden können. Auch wenn wir die im Boden sich abspielenden Prozesse erst ansatzweise verstehen, können wir erahnen, wie komplex die Lebensvorgänge im Boden sind. Durch intensive mechanische Eingriffe, Pflanzenschutzmittel und andere schädigende Gifte sowie leichtlösliche Mineraldünger wird die sensible Bodengemeinschaft empfindlich gestört.

Bodennutzung und Bodenbelastung

Nur etwas mehr als ein Zehntel der Erdoberfläche lässt sich landwirtschaftlich sinnvoll nutzen. Davon ist die Hälfte, knapp 15 Millionen km², bereits agrarwirtschaftlich bebaut. Dies reicht gegenwärtig aus, die 6.1 Milliarden Menschen zu ernähren. Hochrechnungen ergeben, dass die Weltbevölkerung bis in 50 Jahren auf 9.3 Milliarden Einwohner angewachsen sein wird. Somit erhöht sich der Druck zur landwirtschaftlichen Nutzung von Land in weniger fruchtbaren Regionen, in denen nur ein sorgsamer Umgang mit dem Boden langfristig vertretbar ist. Doch die Fakten geben kaum Anlass zur Hoffnung. Bedenklich stimmt, dass durch intensive Landwirtschaft in den letzten dreissig Jahren weltweit etwa ein Drittel des fruchtbaren Ackerlandes unwiederbringlich durch Wassererosion verloren ging.

In Indien, wo die „Grüne Revolution“ den Hunger besiegte, mehren sich die Zeichen, dass die Bodenfruchtbarkeit in Folge von Versalzung, Erosion und Vergiftung mit Pflanzenschutzmitteln und Umweltchemikalien drastisch sinkt. Trotz höherem Aufwand an Düngemitteln sinken die Flächenerträge. Deshalb sucht die Indische Regierung intensiv nach Alternativen. Ein vielbeachtetes Pilotunternehmen ist das Maikaal Projekt in Mittelindien, wo über 1000 Bauernfamilien erfolgreich biologischen Baumwollanbau in einer Fruchtfolge betreiben.

In Europa gelten heute rund 10% der Böden durch Wüstenbildung in südlichen Ländern bedroht. Nicht weniger als 115 Millionen Hektar Boden sind durch Wassererosion gefährdet, und 42 Millionen durch Winderosion. Ein Beispiel von gravierender Wassererosion erlebte ich in meiner Wohnregion. Im nahen Elsass wurden Dörfer in Gebieten mit intensivem Maisanbau wiederholt infolge Wassererosion von einer Schlammlawine zugeschüttet. Bodendegradation ist also keinesfalls nur ein Problem der Entwicklungsländer.

Von der Gesamtfläche der Schweiz (41'284 km²) werden heute rund 38% landwirtschaftlich genutzt, 31% sind mit Wald und Gehölzen bewachsen, 25% sind „unproduktives Land“ und Gewässer und 7% Siedlungsgebiet. Nach dem Umweltbericht 2002 sind von den einst 30'000 km² biologisch aktiven Bodens heute nur noch knapp zwei Drittel intakt. Rund 3000 km² (9%) wurden durch Überbauung zerstört. Weitere 9400 km² (29%) sind durch Erosion, Verdichtung oder Schadstoffe gefährdet. Schuld daran sind hauptsächlich die Ausbreitung von Siedlungen und Verkehr sowie die Intensivlandwirtschaft. Durch diese gelangen jährlich etwa 1600 Tonnen Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln zum Einsatz, wovon rund 2/3 direkt auf den Boden gelangen. Schätzungsweise sind heute etwa 60% der Wiesenböden mit Phosphor überversorgt. Durch die Überfrachtung gelangen diese Verbindungen ins

Grund- und Oberflächenwasser, was zu belastetem Trinkwasser und zu überdüngten Seen führt.

Die Gartenfläche der Schweiz beträgt etwa 50'000 ha, was etwa 3000 durchschnittlichen Landwirtschaftsbetrieben entspricht. Eine Untersuchung des BUWAL hat deutlich gezeigt, dass der Hilfsstoffeinsatz in Freizeitgärten hoch ist und hier Handlungsbedarf besteht: Ohne Verbesserungen sind die Artenvielfalt, das natürliche Beziehungsnetz zwischen Flora und Fauna, die selbstregulierenden Kräfte sowie die natürlichen, geschlossenen Kreisläufe in unseren Gärten gefährdet. Die Untersuchung hat zudem klagemacht, dass der unsachgemässe Umgang mit Düngern und Pflanzenbehandlungsmitteln in erster Linie auf eine ungenügende Information der Gärtner und Gärtnerinnen zurückzuführen ist. Das BUWAL bietet daher seit 1998 einen sogenannten „Gartenlehrpfad“ an.

Bodenfruchtbarkeit erhalten und fördern

Angesichts der grossen Belastungen, denen der Boden ausgesetzt ist, kommt dem sorgsamem Umgang mit dem Boden eine hervorragende Bedeutung zu. Diesem Grundgedanken verpflichtet ist das Konzept für den Bodenschutz in der Schweiz aufgebaut, mit dem Ziel, die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu gewähren. Für eine begrenzte Zahl von Schadstoffen sind Richt-, Prüf- und Sanierungswerte festgelegt worden. Der Richtwert dient dem langfristigen und vorsorglichen Schutz des Ökosystems Boden und seiner Funktionen im Naturhaushalt. Wird der Richtwert eines Schadstoffs, zum Beispiel Blei, überschritten, erlassen die Kantone zusätzlich zu den Emmisionsbegrenzungen des Bundes weitergehende Begrenzungen. Bei Überschreitung des Prüfwertes, der auf eine mögliche konkrete gesundheitliche Gefährdung hinweist, müssen Nutzungsbeschränkungen erlassen werden und eventuell wird der Boden saniert. Wird infolge zunehmender Belastung der Sanierungswert überschritten, heisst dies, dass eine chemische Bodenbelastung die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen konkret gefährdet. Ein Nutzungsverbot und eine Sanierung muss vorgenommen werden. Bund und Kantone betreiben Bodenbeobachtungsnetze, um die Entwicklung der Bodenbelastung zu messen. Die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Nationalen Bodenbeobachtungsnetz (NaBo) sind, dass es in der Schweiz keine absolut unbelasteten Böden mehr gibt und dass die grössten zivilisatorischen Belastungen Blei, Kupfer, Cadmium und Zink betreffen. Eine erste Grobschätzung ergab, dass rund 10% des Schweizer Bodens entsprechende Richtwertüberschreitungen aufweisen. Im Freizeitgartenbereich in Siedlungsgebieten sind die Belastungen mit anorganischen und organischen Schadstoffen durch Immissionen teilweise sehr hoch. Über die Situation an einzelnen Orten orientieren die kantonalen oder städtischen Amtsstellen.

Auf Immissionen aus Verkehr, Industrie und Gewerbe hat der einzelne Landwirt und Gärtner wenig Einfluss. Dafür leisten aber Bodennutzer durch eine umweltverträgliche Bewirtschaftung einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Die landwirtschaftlichen Direktzahlungen wurden in der Schweiz an einen sogenannten ökologischen Leistungsnachweis geknüpft. In dieser Bewirtschaftungsform ist der vorsorgliche Bodenschutz ein wichtiger Bestandteil. Dieses Anbausystem beinhaltet u.a. Massnahmen zum Bodenschutz, zur Fruchtfolge, zur Düngung und zum Pflanzenschutz.

Biolandbau fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt

Der biologische Landbau geht in seinen Forderungen noch einen Schritt weiter, indem er zum Beispiel ganz auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und Dünger verzichtet. Kürzlich veröffentlichten das FiBL und die Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie (Agroscope FAL Reckenholz) Ergebnisse aus einem 21jährigen Vergleichsversuch zwischen biologischen und konventionellen (integrierter) Anbausystemen. Hauptergebnis dieser im Wissenschaftsjournal *Science* veröffentlichten Studie: Biolandbau fördert die Bodenfruchtbarkeit und die Artenvielfalt. Zudem produziert der Biolandbau effizienter, denn er braucht 97% weniger Pflanzenschutzmittel und nur die Hälfte an Nährstoffen und Energie pro Flächeneinheit. In einer Literaturstudie der Univ. Hohenheim, welche 400 Einzeluntersuchungen in ganz Europa umfasst, werden diese Ergebnisse weitgehend bestätigt. Die Artenvielfalt von Regenwürmern, nützlichen bodenbewohnenden Spinnen und Insekten sowie von Vögeln wird durch den Verzicht auf Pflanzenschutzmittel, eine reichhaltigere Unkrautflora und vielfältigere Kulturen gefördert. Dabei spielt auch die geringere Düngungsintensität im Biolandbau eine wichtige Rolle. Diese Ergebnisse werden von der FAO gewürdigt, und der biologische Landbau wird nicht nur in Europa als Lösung der Umweltprobleme in der Landwirtschaft favorisiert, sondern auch als zukunftsweisende Anbauform für Entwicklungsländer proklamiert. Allerdings liegen noch wenige Ergebnisse zu der Effizienz und den Umweltauswirkungen des Biolandbaus in der südlichen Hemisphäre vor, so dass hier dringender Forschungsbedarf besteht.

Der Boden ist ein gut gepuffertes System, und es kann Jahre dauern, bis ein Boden nach Umstellung auf Biobewirtschaftung regeneriert ist. Ergebnisse des Nationalen Forschungsprogramms Boden zeigten, dass die biologische Aktivität von Böden langjährig biologisch wirtschaftender Betriebe bis etwa 10-15 Jahre deutlich anstieg. Zu ähnlichen Schlüssen kommt eine Vergleichsstudie zwischen biologischer und konventioneller Landwirtschaft im süddeutschen Raum. Auch dort dauerte es rund 15 Jahre, bis sich unterschiedlich bewirtschaftete Böden differenzierten.

Das Wissen um eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung im biologischen Garten- und Landbau ist zwar gross. Oft mangelt es aber an einer konsequenten Umsetzung. Bezogen auf den Boden betrifft dies insbesondere Massnahmen im Bereich der Bodenbearbeitung, der Düngung, der Gründüngung und der Vernetzung von landwirtschaftlichen Strukturen durch ökologische Ausgleichsflächen. Das FiBL bearbeitet zu diesen Themenkomplexen derzeit verschiedene Forschungsprojekte.

Quellen:

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Umwelt Schweiz 2002 -Politik und Perspektiven; Unsere Lebensgrundlagen - Boden, S. 47-56, Bern 2002.

Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Umwelt in der Schweiz 1997 - Daten, Fakten, Perspektiven; Boden, S.33-44, Bern 1997.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Boden 2000. Comenius Verlag, CH-6285 Hitzkirch.

Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. und Niggli, U., 2002 : Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.

Alfoeldi, T., Fließbach, A., Geier, U., Kilcher, L., Niggli, U., Pfiffner, L., Stolze, M. and Willer, H., 2002: Organic Agriculture and the Environment, in El-Hage Scialabba, Nadia and Caroline, Hattam, Eds. *Organic agriculture, environment and food security*, chapter 2. Environment and Natural Resources Series 4. Food and Agriculture Organisation of the United Nation (FAO).

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (www.fibl.org)

Seit 1973 ist das FiBL die weltweit führende Bio-Forschungs- und Beratungseinrichtung. FiBL Schweiz ist eine gemeinnützige Stiftung, die vom Bund, von den Kantonen, von privaten Institutionen, aus EU-Projekten sowie von Förderern und Gönnern finanziert wird. Es beschäftigt rund 120 Mitarbeiter(innen). 2001 wurde FiBL Deutschland mit 12 und 2004 FiBL Österreich mit 2 Mitarbeiter(innen) gegründet.

Das FiBL engagiert sich für die Entwicklung des Biolandbaus auch auf internationaler Ebene (International Federation of Organic Agriculture Movements IFOAM/IOAS , International Society of Organic Agriculture Research ISO FAR etc.). FiBL verfügt über Kompetenzen in der Bodenbewirtschaftung, im Pflanzenbau, in der Tiergesundheit, in der Tierethologie, in der Tierzucht, in der Sozioökonomie und in der Lebensmittelverarbeitung.

Beratung und Kurse sowie das Bereitstellen von Informationen (Zeitschriften, Merkblätter, Fachbücher, Internet) haben einen hohen Stellenwert.

Zahlreiche Projekte des FiBL in Osteuropa, Indien, Lateinamerika und Afrika entwickeln dort Bio-Forschung, Beratung und Zertifizierung.