

Umwelt

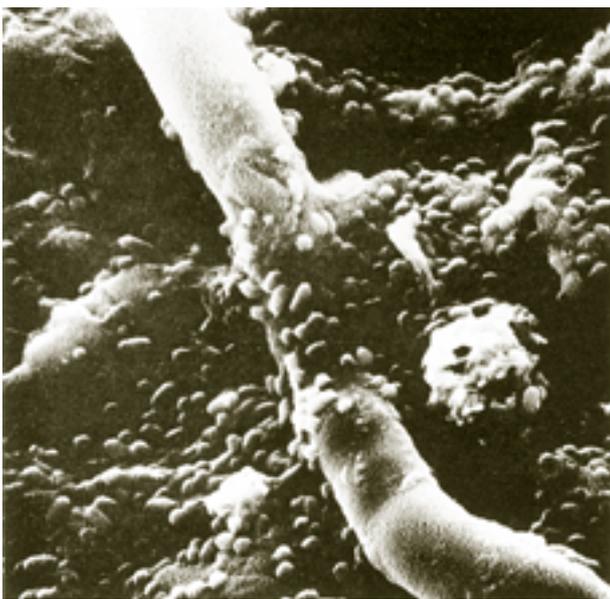
Mikrobielle Biomasse zweier Ackerböden

Werner Jäggi, Peter Weisskopf, Hans-Rudolf Oberholzer und Urs Zihlmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Auskünfte: Peter Weisskopf, e-mail: peter.weisskopf@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 73 27

Während zwei Jahren wurden die Veränderungen bodenmikrobiologischer Kennwerte in zwei Ackerböden verfolgt und mit den Standortverhältnissen verglichen. In der Ackerkrume einer Kalkbraunerde lag der Gehalt an mikrobieller Biomasse im Mittel um 42 % höher als in jener eines Braunerde-Gleys. Ein höherer pH-Wert und ein lockereres Gefüge begünstigten die Bodenmikroorganismen in der Kalkbraunerde. Grundwassereinfluss und starke Erwärmung verursachten zeitweise Biomasseverluste im Braunerde-Gley. Trockenheit und dadurch eine bessere Durchlüftung förderten den Biomassezuwachs im Unterboden beider Bodentypen.

Abb. 1. Bakterien und ein Pilzfaden auf der Oberfläche eines Bodenkrümels 2600-fach vergrössert (Hawker and Linton 1971).



Eine wichtige Aufgabe der Landwirtschaft ist die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Diese

Tab. 1. Chemisch-physikalische Bodeneigenschaften

	Ackerkrume		Unterboden	
	Braunerde-Gley	Kalkbraunerde	Braunerde-Gley	Kalkbraunerde
organ. C (Gew.%)	1,8	2,0	0,5	0,8
Ton (Gew.%)	25	24	26	28
Sand (Gew.%)	46	43	52	40
pH (H ₂ O)	5,7	6,8	6,4	7,2
pH (CaCl ₂)	5,1	6,3	5,7	6,6

resultiert aus dem Zusammenwirken physikalischer, chemischer und biologischer Faktoren. Besonders für den Nährstoffkreislauf und das Bodengefüge sind die Bodenmikroorganismen von grosser Bedeutung. Deshalb ist man bestrebt, für die Beurteilung von Böden auch bodenmikrobiologische Kriterien beizuziehen. Zur Interpretation solcher Messergebnisse ist es notwendig, auch den Einfluss der Standortverhältnisse auf das Bodenleben zu berücksichtigen. Im Rahmen des Projektes «Charakterisierung von Ackerstandorten» wurde der Luft- und Wasserhaushalt zweier Böden untersucht (Weisskopf und Zihlmann 1994). Nachfolgend werden bodenmikrobiologische Erhebungen mit diesen Daten verglichen sowie der Zusammenhang mit dem Witterungsverlauf, der Pflanzenentwicklung und der Bewirtschaftung erörtert.

Standorte und bodenmikrobiologische Messungen

Die beiden Böden liegen nahe beieinander auf dem Areal der FAL Reckenholz (Entfernung

1100 m, Höhenunterschied 55 m). Der eine ist ein grundwasserbeeinflusster Braunerde-Gley in Muldenlage, der andere eine grundwasserferne Kalkbraunerde in Kuppenlage. Beides sind mittelschwere, schwach humose lehmige Böden. Einige chemische und physikalische Bodeneigenschaften sind in Tabelle 1 aufgeführt. Das Gefüge der Kalkbraunerde ist im Oberboden deutlich durchlässiger als jenes des Braunerde-Gleys. In der Schicht unter der Ackerkrume unterscheiden sich die Gefügestrukturen der beiden Böden hingegen nur wenig. Beide Böden wurden gleich bewirtschaftet: Hauptkultur 1992 war Sommerhafer, 1993 Kartoffeln.

Zur mikrobiologischen Charakterisierung der beiden Böden bestimmten wir die mikrobielle Biomasse, die Bodenatmung und die N-Mineralisierung im aeroben Brutversuch sowie die Katalase-, β -Glucosidase- und Proteaseaktivität (FAL, FAW, RAC 1998). In Bodenmischproben aus homogenen Testparzellen wurden 3fach-Bestimmungen durchgeführt.

Was ist mikrobielle Biomasse?

Die mikrobielle Biomasse ist jener Anteil organischer Substanz im Boden, der aus lebenden Mikroorganismen besteht. Sie wird ausgedrückt in mg C/kg Bodentrockensubstanz, wobei C dem in den lebenden Mikroorganismen enthaltenen Kohlenstoff entspricht.

Die beiden Hauptgruppen der Bodenmikroorganismen sind Bakterien und Pilze (Abb. 1). In ihrer Gesamtheit stellen die Bodenmikroorganismen eine **Mischpopulation** dar, die aus weit über tausend verschiedenen Arten besteht (Abb. 2). Die Veränderungen der Standortverhältnisse im Jahresverlauf bewirken eine Sukzession, das heisst während verschiedenen Zeitabschnitten werden unterschiedliche Mikroorganismenarten aktiv, je nach ihren spezifischen Nährstoff- und Umweltansprüchen. Deshalb befinden sich zu einem bestimmten Zeitpunkt nie mehr als 30% aller Bodenmikroorganismen in einem aktiven Zustand (Schinner *et al.* 1993).

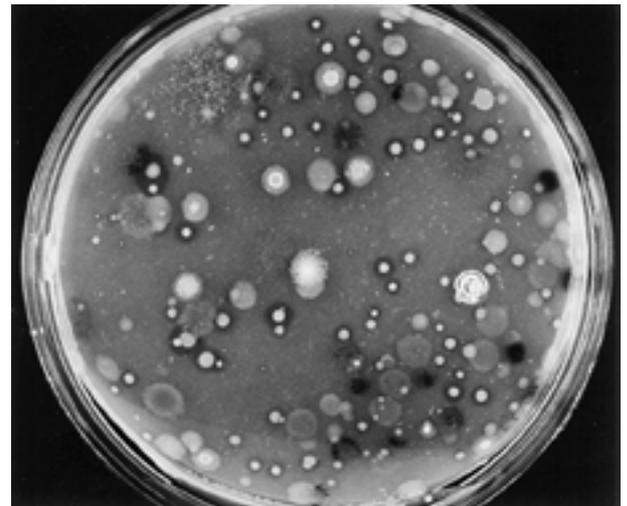
Wachstumsfaktoren der Bodenmikroorganismen

In intensiv bewirtschafteten Böden wird zumeist der **abbaubare organisch gebundene Kohlenstoff** zum begrenzenden Nährstoff für die Bodenmikroorganismen. Bei Zufuhr verwertbarer organischer Substanz wird zunächst ihr Stoffwechsel aktiviert und anschliessend füllen sie ihren Vorrat an Reservestoffen im Zellinnern auf. Steht ihnen dann immer noch Kohlenstoff zur Verfügung, vermehren sie sich. Gemessen an der Masse der Bodenmikroorganismen und deren Erhaltungsbedarf ist der jährliche Kohlenstoffeintrag in den Boden äusserst gering. Die Zufuhr organischer Substanz durch Pflanzenrückstände, Wurzel Ausscheidungen und Düngung erfolgt in Schüben. In der

Zwischenzeit decken die Bodenmikroorganismen ihren Überlebensbedarf so weit wie möglich aus den im Boden vorhandenen Vorräten an verfügbarer organischer Substanz. Sind diese erschöpft, stirbt ein Teil der Bodenmikroorganismen (Domsch 1992).

Das Ausmass der Aktivität sowie der Überlebensbereich eines einzelnen Mikroorganismus sind durch individuelle **Minimal-, Optimal- und Maximaltemperaturen** streng festgelegt. Optimal- und Maximaltemperatur liegen nur wenige Grade auseinander, während der Abstand zwischen Optimal- und Minimaltemperatur grösser ist. Für einen einzelnen Mikroorganismus ist der Überlebensbereich relativ eng, für eine Mischpopulation von Individuen mit unterschiedlichen Temperaturoptima, wie dies für die Bodenmikroorganismen zutrifft, jedoch wesentlich weiter. Infolge der Selektionsbedingungen beim Populationsaufbau liegen die Optimaltemperaturen und Überlebensgrenzen in kalten Böden tiefer als in warmen Böden. Abweichungen von den Optimaltemperaturen führen zu Aktivitäts- und Biomasseverlusten. In den Böden der kühl-gemässigten Zone liegt das Mittel der Optimaltemperaturen für den Abbau organischer Substanzen etwa bei 25°C. Bei Bodenfrost werden die Mikroorganismen teils konserviert, teils gehen sie zugrunde (Domsch *et al.* 1983).

Obwohl der Sauerstoffgehalt der **Bodenluft** niedriger ist als jener der freien Atmosphäre, genügt dieser meistens für aeroben Stoffumsatz. Sinkt der Sauerstoffgehalt unter 8 Volumenprozent, setzen anaerobe Stoffwechselvorgänge wie zum Beispiel Denitrifikation ein, unter 5 Volumenprozent beginnt die Eisenreduktion. Ohne Sauerstoff stirbt ein Teil der aeroben Bo-



denmikroorganismen (Domsch und Manganot 1970).

Die Bodenmikroorganismen benötigen **Wasser** innerhalb der Zelle zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels, ausserhalb der Zelle als Lösungsmittel für die Nährstoffe. Wenn die Bodenmikroorganismen dem austrocknenden Boden kein Wasser mehr entziehen können, ist nur noch Erhaltungsstoffwechsel möglich. Dabei kann ein Teil der Bodenmikroorganismen lange Zeit überleben, ein anderer Teil stirbt. Bei Vernässung des Bodens, das heisst bei zunehmender Wasserfüllung der Bodenporen, treten Sauerstoffmangel und anaerobe Stoffwechselprozesse ein. Auch dabei geht wiederum ein Teil der Bodenmikroorganismen zugrunde (Domsch 1985).

Im Allgemeinen sind stoffwechselaktive Bodenmikroorganismen gegenüber extremen Standortverhältnissen empfindlicher als solche, die sich in einem Ruhestadium befinden. Das Ausmass des Aktivitäts- und Biomasseverlusts hängt von der Dauer und Intensität der nachteiligen Einwirkungen ab. Mit dem Ende der Stressbedingungen setzt unter günstigen Umständen eine Erholungsphase ein. Bei einer Bodentemperatur von 15°C beträgt die Erholungszeit in der

Abb. 2. Bakterienkolonien einer Bodenprobe auf Nährmedium. Jede Kolonie entstand durch die Vermehrung einer einzelnen Bakterienzelle. Durch die verschiedenen Formen und Grössen der Kolonien kommt die Artenvielfalt zum Ausdruck (Foto M. Hirner).

Regel etwa 20 bis 30 Tage (Domsch 1985).

Beeinflussung der mikrobiellen Biomasse

Die Kalkbraunerde enthielt mehr mikrobielle Biomasse als der Braunerde-Gley; in der Ackerkrume betrug die Differenz im Mittel 42 %, im Unterboden 57 %. Diese Unterschiede sind vermutlich zu einem grossen Teil auf die ungleichen pH-Werte und im Unterboden zusätzlich auf die verschiedenen Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff (Tab. 1) zurückzuführen (Oberholzer *et al.* 1999). Der Biomassegehalt der beiden Böden veränderte sich oft in unterschiedlichem Ausmass. Zudem gab es Zeitabschnitte, in denen der eine Boden einen Zuwachs, der andere einen Verlust aufwies (Abb. 3).

Zufuhr organischer Substanz, Frost und Wiedererwärmung

bestimmten die mikrobielle Biomasse in der Ackerkrume der Kalkbraunerde.

¹ Der Einfachheit halber nachfolgend nur noch als Biomasse bezeichnet

Zeitraum c bis d. Die Biomasse nahm um 30 % zu. Ernterückstände und Wurzelabscheidungen der Gründüngung lieferten reichlich organische Substanz, so dass sich die Bodenmikroorganismen dank der milden Witterung (Abb. 4) während langer Zeit vermehren konnten.

Zeitraum e. Starker Bodenrost um den Jahreswechsel führte zu einer markanten Biomasseverminderung.

Zeitraum f. Bodenrost verursachte eine weitere leichte Abnahme.

Zeitraum g bis h. Mit der Boden Erwärmung ab Mitte März setzte wieder ein allmählicher Zuwachs ein.

Zeitraum i. Massive Niederschläge mit Oberflächenverschlammung führten zu einer Verringerung der Bodendurchlüftung (Abb. 5) und bewirkten im Juli eine Stagnation.

Zeitraum k. Vermehrte Zufuhr organischer Substanz während des Abreifens und nach der Ernte der Kartoffeln, Bodenlockerung durch das Roden sowie vorteilhafte Bodentemperaturen ermöglichten eine intensive Ver-

mehrung der Bodenmikroorganismen.

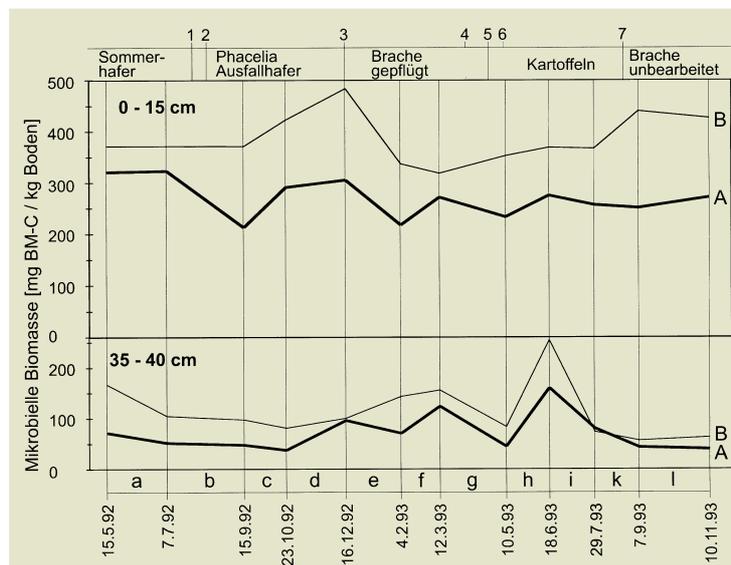
Zeitraum l. Unbearbeitete Brache mit spärlichen Wurzelabscheidungen des Unkrauts sowie überdurchschnittliche Niederschlagsmengen und demzufolge reduzierte Bodendurchlüftung (Abb. 5) erlaubten keine weitere Biomassezunahme.

Starke Erwärmung, Wärmespeicherung und mangelnde Durchlüftung

beeinflussten die mikrobielle Biomasse in der Ackerkrume des Braunerde-Gleys. Teilweise veränderte sich die Biomasse im Braunerde-Gley analog zur Kalkbraunerde. Im Folgenden werden nur jene Zeitabschnitte erwähnt, die ein abweichendes Verhalten zeigten. Leider war es nicht möglich, die Temperaturverläufe über das ganze Profil hinweg in hinreichend feinen Stufen direkt zu erfassen. Wir versuchen deshalb, diese auf Grund der verfügbaren Daten und durch Vergleich mit anderen Beispielen zu schätzen.

Zeitraum b. Die Biomasse nahm um 35 % ab, während sie in der Kalkbraunerde unverändert blieb (Abb. 3). Dies dürfte eine Folge unterschiedlicher Erwärmung der beiden Böden gewe-

Abb. 3. Mikrobielle Biomasse des Braunerde-Gleys (A) und der Kalkbraunerde (B) in der Ackerkrume (0 bis 15 cm) und im Unterboden (35 bis 40 cm) unter verschiedenen Kulturen. Mittelwerte von 3 Bestimmungen, Standardabweichungen: 83 % der Bestimmungen < 5 %, 95 % der Bestimmungen < 10 %.
a bis l: Zeiträume zwischen den Probenahmen.



Bewirtschaftungsmassnahmen:

- 1 Ernte des Sommerhafers
- 2 N-Düngung (Ammonsalpeter, 32 kg N/ha), Frässaat Phacelia
- 3 Mulchen (Gründüngung Phacelia/Ausfallhafer), Misten (40 t/ha), Pflügen
- 4 Eggen (Federzinkenegge, 1 Durchgang)
- 5 N-Düngung (Ammonsalpeter, 51 kg N/ha), Eggen (Federzinkenegge, 1 Durchgang), Kartoffeln setzen und anhäufeln
- 6 Anhäufeln der Kartoffeln
- 7 Kartoffelernte

sen sein. Nach der Ernte des Hafers wurden die Böden nicht unmittelbar bearbeitet. Ihre Oberflächen waren vergleichbar kahl, kompakt und trocken (Abb. 5). Vom 7. bis 9. August betrug die Tageshöchstwerte der Lufttemperaturen in 2 m Höhe 32,3 bis 33,3°C (Abb. 4). Obschon keine direkten Messungen vorliegen, kann durch Vergleich mit Messresultaten von van Eimern und Häckel (1984) angenommen werden, dass die Tageshöchstwerte der Oberflächentemperaturen des Braunerde-Gleys in windgeschützter Muldenlage etwa 37 bis 38°C, jene der Kalkbraunerde in windexponierter Kuppenlage dagegen nur etwa 32 bis 33°C erreicht haben dürften. Der Aufbau der Mikroorganismenpopulation erfolgte im Frühling bei tiefen Temperaturen, wobei sich kältetolerante Genotypen mit tiefen Überlebensgrenzen anreicherten. Deshalb dürfte im oberflächlich stärker erwärmten Braunerde-Gley ein Teil der Bodenmikroorganismen zugrunde gegangen sein, während dies in der vom Wind gekühlten Kalkbraunerde nicht der Fall war.

Zeitraum d. Trotz Nährstoffangebot fand praktisch keine Vermehrung mehr statt. Dies war eine regenreiche Zeit mit Niederschlagsmengen von nahezu 300 % der Norm. Der Braunerde-Gley wurde sehr nass und das luftgefüllte Porenvolumen ging stark zurück (Abb. 5). Infolge schlechter Durchlüftung litten die Bodenmikroorganismen unter Sauerstoffmangel und vermehrten sich kaum mehr.

Zeitraum f. Die Biomasse zeigte einen starken Zuwachs, im Gegensatz zur Kalkbraunerde, wo sie leicht abnahm. Vom 11. Januar bis zum 21. Februar herrschte zeitweise Vorfrühlingswetter mit Höchsttemperaturen bis 15°C. Die Böden erwärmten sich, so dass sich die

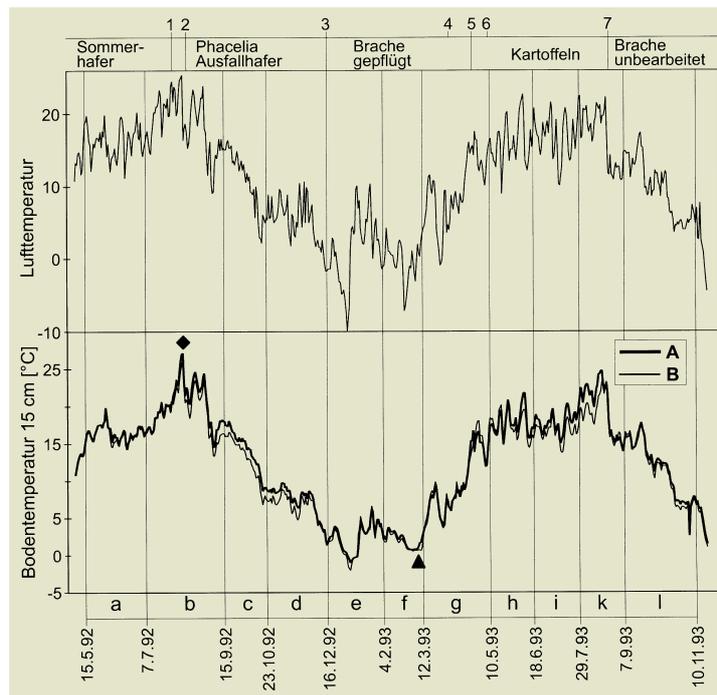


Abb. 4. Tagesmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe und der Bodentemperatur in 15 cm Tiefe des Braunerde-Gleys (A) und der Kalkbraunerde (B). Besondere Ereignisse: ◆ starke Erwärmung, ▲ unterschiedliche Dauer des Frostes. Bewirtschaftungsmassnahmen 1 bis 7 siehe Abb. 3. a bis l: Zeiträume zwischen den Probenahmen.

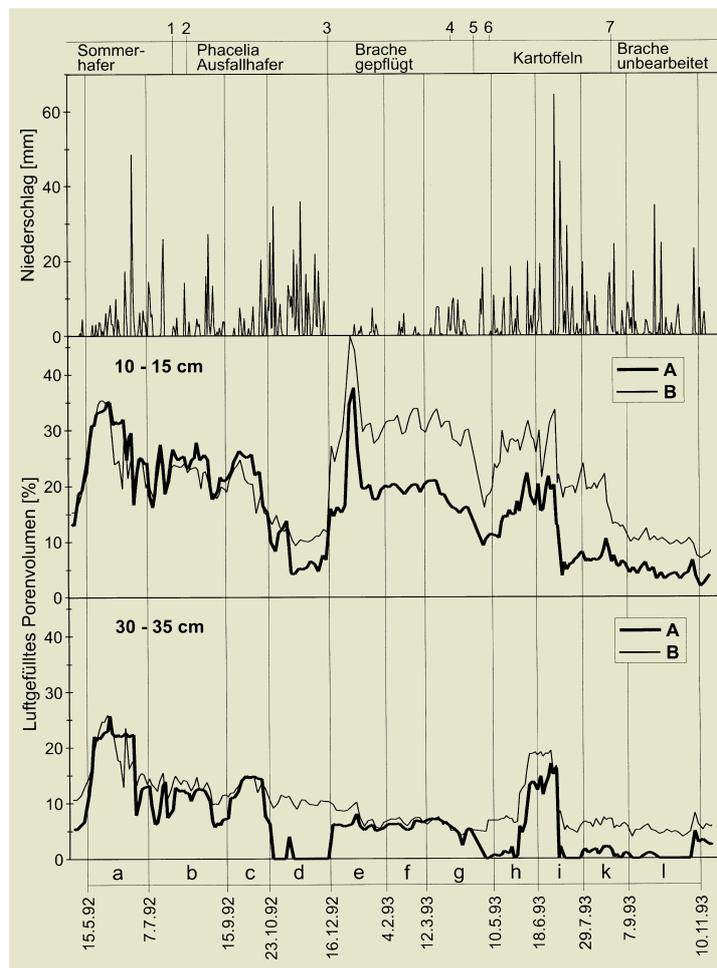


Abb. 5. Niederschläge und luftgefülltes Porenvolumen in 10 bis 15 cm sowie 30 bis 35 cm Tiefe des Braunerde-Gleys (A) und der Kalkbraunerde (B). Bewirtschaftungsmassnahmen 1 bis 7 siehe Abb. 3. a bis l: Zeiträume zwischen den Probenahmen.

Bodenmikroorganismen vermehren konnten. In der letzten Februarwoche stellte sich wieder hochwinterliche Kälte ein mit Tiefsttemperaturen unter -11°C , allerdings ohne dass der Bodenfrost eine Tiefe von 15 cm erreichte. Die Kalkbraunerde wies ein wesentlich grösseres Volumen an luftgefüllten Poren auf (Abb. 5), so dass der Frost rascher und tiefer eindringen konnte. Der Braunerde-Gley enthielt dagegen wesentlich mehr Wasser und verfügte dadurch über eine grössere Wärmespeicherkapazität, weshalb er sich langsamer und weniger tief abkühlte. Dass die Frosteinwirkung in diesem Boden geringer war, äusserte sich auch dadurch, dass er sich nach dem Wiederanstieg der Lufttemperatur unverzüglich erwärmte, während die Kalkbraunerde noch während 3 Tagen gefroren blieb (Abb. 4). Der Braunerde-Gley wies demnach eine Biomassezunahme auf, weil der vorangegangene Zuwachs grösser war als der Verlust durch den Frost. Die Kalkbraunerde zeigte hingegen ein umgekehrtes Verhältnis, woraus sich eine Biomasseabnahme ergab.

Zeitraum g. Trotz Bodenerwärmung nahm die Biomasse ab. Am 20. April erfolgte ein Durchgang mit der Federzinkenegge und tags darauf wurden Kartoffeln gepflanzt und angehäufelt. Eine ausgeprägte Föhnlage brachte in den neun folgenden Tagen einen hohen Wärmeüberschuss und trocknete die frisch geformten Dämme aus. Vom 30. April bis zum 2. Mai fielen 33 mm Regen. Die frisch bearbeiteten Böden verschlammten und das Volumen der luftgefüllten Poren verminderte sich stark (Abb. 5). Der Braunerde-Gley wurde dadurch stärker in Mitleidenschaft gezogen, was zu Sauerstoffmangel und Absterben von Bodenmikroorganismen führte.

Zeitraum k. Die Biomasse vermehrte sich nicht. Der Braunerde-Gley erholte sich nicht von den Folgen der heftigen Niederschläge im Juli, von denen er stärker betroffen war als die Kalkbraunerde (Abb. 5). Die Bodendurchlüftung blieb mangelhaft, auch nach der Ernte der Kartoffeln.

Durchlüftung und Nährstoffverlagerung förderten die mikrobielle Biomasse im Unterboden. Mit zunehmender Bodentiefe werden die Lebensbedingungen für die aeroben Mikroorganismen ungünstiger. Das Angebot an Sauerstoff und leicht abbaubaren organischen Verbindungen geht zurück. Entsprechend geringer ist der Biomassegehalt tiefer liegender Bodenschichten. In 35 bis 40 cm Tiefe lagen die Tagesmittel der Bodentemperaturen im Sommer etwa 4°C tiefer und im Winter etwa $2,5^{\circ}\text{C}$ höher als in 15 cm Tiefe.

Zeitraum a. Infolge trockenen Wetters und guter Bodendurchlüftung ab Anfang Mai (Abb. 5) vermehrten sich die Bodenmikroorganismen, so dass die Biomassegehalte bei Versuchsbeginn relativ hoch lagen. Heftige Gewitter mit starken Niederschlägen führten in der zweiten Hälfte des Monats Juni zu einem drastischen Rückgang des luftgefüllten Porenvolumens. Die Durchlüftung der Unterböden verschlechterte sich, was in beiden Böden zu einer Abnahme der Biomasse führte.

Zeitraum b bis c. Die hohen Oberflächentemperaturen und die Trockenheit der Ackerkrume beeinflussten die Biomasse der Unterböden kaum.

Zeitraum d bis f. Die Biomassen stiegen an. Die starken Niederschläge im Zeitraum d bewirkten eine Verlagerung gelöster organischer Substanz von der Acker-

krume in den Unterboden (Kalbitz und Knappe 1997), wo sie den Bodenmikroorganismen als C-Quelle diente. Im Braunerde-Gley war der Biomassezuwachs grösser. Bei praktisch wassergesättigtem Unterboden (Abb. 5) dürften sich hier vor allem Denitrifikanten entwickelt haben (Hattori 1973). Im Zeitraum e erfolgte wieder eine Umstellung auf Aerobie.

Zeitraum g. Gegen das Ende trat Vernässung ein (Abb. 5), welche die Biomassen dezimierte. Bis zur Probenahme war noch keine Kompensation durch angepasste Mikroorganismen möglich.

Zeitraum h. Trockenheit und demzufolge gute Bodendurchlüftung (Abb. 5) bewirkten einen starken Biomasseanstieg.

Zeitraum i. Die starken Niederschläge beeinträchtigten die Bodendurchlüftung (Abb. 5), was wiederum zu einer Abnahme der Biomassen führte.

Zeitraum k bis l. Die Verhältnisse in den Unterböden blieben für die Bodenmikroorganismen unvorteilhaft, so dass kein Biomassezuwachs mehr möglich war.

Im Unterboden waren die relativen Veränderungen des Biomassegehalts deutlich grösser als in der Ackerkrume. Dafür waren vor allem die von der stark wechselnden Bodenfeuchtigkeit abhängigen Durchlüftungsverhältnisse verantwortlich.

Stoffumsetzungen und Enzymaktivitäten

Die Bedeutung der Bodenmikroorganismen liegt zu einem grossen Teil in deren Stoffwechselaktivitäten beim Umsatz organischer Substanzen. Die Stoffumsetzungen werden durch spezielle Enzyme katalysiert, die von den Organismen produziert werden und in oder ausserhalb der Zellen zur Wirkung ge-

langen. Die im Boden wirksamen Enzyme stammen zum grossen Teil von Bodenmikroorganismen, ein geringer Teil ist auf Pflanzen und Tiere zurückzuführen. Nach dem Tod und der Zersetzung der Zellen gelangen viele Enzyme in die Bodenlösung und werden teils an der Oberfläche von Bodenteilchen angelagert. Als sogenannte zellfreie Enzyme können sie noch lange aktiv bleiben.

Alle hier gemessenen Stoffwechselaktivitäten zeigten eine positive Korrelation mit den Biomassen, 75 % davon waren signifikant (Tab. 2). Weniger enge Beziehungen entstanden dadurch, dass nach extremen Umweltbedingungen nahe der Bodenoberfläche teilweise erhöhte Stoffwechselaktivitäten auftraten. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass nach dem Absterben von Mikroorganismen Enzyme und leicht abbaubare organische Substanzen freigesetzt wurden, welche teilweise unabhängig von der lebenden Biomasse zu erhöhten Stoffumsetzungen führten. Infolge Verlagerung dieser Stoffe mit dem Sickerwasser entwickelten

Tab. 2. Korrelation zwischen mikrobieller Biomasse und Stoffwechselaktivitäten im Braunerde-Gley und in der Kalkbraunerde. Hervorgehobene Korrelationen signifikant für $p < 0,05$.

Standort	Braunerde-Gley		Kalkbraunerde	
	0 bis 15 cm	35 bis 40 cm	0 bis 15 cm	35 bis 40 cm
Bodenatmung	0,82	0,75	0,67	0,22
N-Mineralisierung	0,41	0,93	0,71	0,86
Katalase	0,35	0,95	0,58	0,96
β -Glucosidase	0,67	0,95	0,69	0,19
Protease	0,60	0,78	0,38	0,87

sich zeitweise auch im Unterboden der durchlässigen Kalkbraunerde erhöhte Stoffwechselaktivitäten.

Bodenmikroorganismen und Standortbedingungen

Chemisch-physikalische Bodenanalysen geben Auskunft über die potenziellen Entwicklungsmöglichkeiten der Bodenmikroorganismen. Zeitlich nahe aufeinander folgende Untersuchungen von frischen Bodenproben ermöglichen einen Einblick in aktuelle mikrobiologische Vorgänge unter verschiedenen Standortverhältnissen. Vergleiche mit dem Witterungsverlauf, den Bodenverhältnissen, der Pflanzenentwicklung

und der Bewirtschaftung liefern Hinweise auf die Beeinflussung der Bodenmikroorganismen durch die Umweltbedingungen. Bodentyp und Topographie des Standorts können die Auswirkungen extremer Wetterereignisse, wie Starkniederschläge, Trockenheit, grosse Hitze oder Frost, auf das Bodenleben beeinflussen. In der Erkenntnis dieser und weiterer Zusammenhänge liegt ein wichtiger Schlüssel zum Verständnis des Einflusses der Bodenmikroorganismen auf die Bodenfruchtbarkeit.

Literatur

Das Literaturverzeichnis ist bei den Autoren erhältlich.

RÉSUMÉ

Biomasse microbienne de deux sols de grandes cultures

Les propriétés microbiologiques de deux sols de grandes cultures ont été suivies durant deux années et mises en relations avec l'état physico-chimique des sites. La quantité de biomasse microbienne présente dans la couche travaillée du sol brun calcaire était en moyenne de 42 % supérieure à la quantité présente dans celle du sol brun à gley. Un pH plus élevé et un état structural plus meuble ont favorisé les microorganismes dans le sol brun calcaire. Un niveau élevé de la nappe phréatique ou un fort réchauffement ont occasionné des pertes de biomasse dans le sol brun à gley. Durant les périodes de sécheresse, et donc d'aération optimale, la quantité de biomasse microbienne s'est accrue dans le sous-sol des deux sites recherchés. Toutes les mesures d'activités métaboliques étaient positivement corrélées à la quantité de biomasse, et 75 % d'entre elles l'étaient de manière statistiquement significative.

SUMMARY

Microbial biomass in two arable soils

Over a two year period, changes in the microbiological properties of two arable soils were charted and compared with the site conditions. In the topsoil of a calcic cambisol, the content of microbial biomass was, on average, 42 % higher than in a gleyic cambisol. A higher pH and a looser structure favoured the development of microorganisms in the calcic cambisol. In the gleyic cambisol both an increase of the ground water level and high soil temperatures led to the loss of microbial biomass. Aridity and, thus, increased aeration of the soil encouraged the development of microbial biomass in the subsoil of both soil types. The measurements of metabolic activities all showed positive correlation with the microbial biomass in the soil, 75 % of which were significant.

Key words: Soil microbial biomass, soil type, soil conditions, meteorological conditions