

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 40 (1999)
Heft: 3

Artikel: Tiefenverteilung und zeitliche Dynamik der mikrobiellen Biomasse in biologisch und konventionell bewirtschafteten Böden
Autor: Fliessbach, Andreas / Imhof, David / Brunner, Thomas / Wüthrich, Christoph
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088519>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Tiefenverteilung und zeitliche Dynamik der mikrobiellen Biomasse in biologisch und konventionell bewirtschafteten Böden

Andreas Fliessbach, David Imhof, Thomas Brunner und Christoph Wüthrich

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit dem zeitlichen Verlauf und der Tiefenverteilung der mikrobiellen Biomasse des Bodens in biologisch-dynamisch und konventionell bewirtschafteten Parzellen des Langzeitfeldversuches DOK in Therwil bei Basel. Der Hauptunterschied zwischen biologisch-dynamischem und konventionellem Anbau liegt in der Art der Düngung und im Pflanzenschutz. Sowohl im zeitlichen Verlauf als auch über die Tiefe ergab sich in den Böden für das biologisch-dynamische Verfahren eine höhere Menge an organischer Substanz, eine höhere mikrobielle Biomasse wie auch eine höhere Bodenrespiration. Der Anteil des mikrobiellen Kohlenstoffs (C_{mic}) am gesamten organischen Kohlenstoffvorrat (C_{org}) des Bodens war in biologisch-dynamisch bewirtschafteten Böden um 22 % höher als im konventionell bearbeiteten Boden. Dies ist ein Hinweis auf die bessere mikrobielle Verwertbarkeit der organischen Substanz im biologisch-dynamischen Anbau. Die organische Substanz und die mikrobielle Biomasse nahmen mit der Tiefe in beiden Verfahren deutlich ab, während die Bodenatmung kaum einen Tiefengradienten aufwies. In den späten Wintermonaten war die mikrobielle Biomasse beider Verfahren deutlich erhöht, ansonsten blieb die mikrobielle Biomasse im Jahresverlauf weitgehend konstant. Bodenbiologische Kenngrößen, wie der Gehalt an mikrobieller Biomasse und die Bodenrespiration, die als Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit diskutiert werden, zeigen, dass sich die biologische Landbewirtschaftung nicht nur auf die bearbeitete Bodenschicht direkt auswirkt, sondern auch auf jene Bodenschichten positiv Einfluss nimmt, die unter dem Pflughorizont liegen.

Adresse der Autoren: Thomas Brunner, Andreas Fliessbach: Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Ackerstrasse, CH-5070 Frick. David Imhof, Christoph Wüthrich: Geographisches Institut der Universität Basel, Abteilung Physiogeographie und Landschaftsökologie, Spalenring 145, CH-4055 Basel

1 Einleitung

Mikrobielle Prozesse sind in allen Böden und Ökosystemen ein wesentlicher Bestandteil des Stoffumsatzes. Zum einen kommen Mikroorganismen (in ihrer Gesamtheit im folgenden “mikrobielle Biomasse” genannt) mit allen organischen Materialien, die in den Boden gelangen, in Berührung und zerlegen diese weitgehend in ihre mineralischen Bestandteile (*Martens 1995*). Zum anderen stellen Mikroorganismen selber ein Reservoir dar für Elemente, die als Pflanzennährstoffe dienen können. Mikroorganismen treten daher als Quelle und Vermittler von –, aber auch als Konkurrenten um Nährstoffe auf. Aus diesem Zusammenhang lässt sich das Interesse herleiten, das der Quantifizierung der mikrobiellen Biomasse im Boden gilt. Aber nicht nur die Menge der mikrobiellen Biomasse hat bei Stoffumsatzungsprozessen eine Bedeutung, sondern auch ihre räumliche Verteilung und zeitliche Dynamik sowie ihre spezifische Aktivität (*Mäder et al. 1994*).

Aus der Sicht der Landschaftsökologie müssen derartig wichtige Schnittstellen zwischen der Bio- und Geosphäre quantifiziert werden, um die resultierenden vertikalen und lateralen Prozesse (z.B. Auswaschung von Nährstoffen und deren Eintrag in benachbarte Ökosysteme) räumlich und zeitlich auflösen zu können (*Leser 1997*). Im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Landnutzung gilt es zunehmend die Böden als Lebensgrundlage zu erhalten (*Adam et al. 1998*) und ihre Fruchtbarkeit zu fördern. Die Nährstoffnachlieferung ist zum grossen Teil mikrobiell gesteuert, weshalb – besonders in Böden des biologischen Landbaus – eine hohe biologische Aktivität positiv bewertet wird.

In der Regel läuft aber im Frühjahr der mikrobiell gesteuerte Prozess der N-Mineralisierung der pflanzlichen Aufnahme hinterher, da sich der Boden langsam erwärmt, während viele Kulturpflanzen schon erhöhten N-Bedarf haben. Bei der Reife der Kulturen kann es hingegen zu N-Überschuss im Boden kommen, da mit hoher Bodentemperatur auch hohe Mineralisierungsraten erreicht werden, die Pflanzen hingegen den Stickstoff nur noch intern umlagern.

Die vorliegenden Resultate sind Bestandteil zweier aufeinanderfolgender Diplomarbeiten (*Brunner 1998, Imhof 1999*), die beide den zeitlichen Verlauf der mikrobiellen Biomasse in biologisch-dynamisch und konventionell landwirtschaftlich genutzten Böden zum Gegenstand hatten. Beiden Arbeiten lag die Fragestellung nach der Grösse leicht verfügbarer Stickstoffreservoirs in Ackerböden zugrunde, und inwieweit die mikrobielle Biomasse ein temporärer Speicher für auswaschbare Elemente sein kann.

2 Methoden

Grundlage der Untersuchung ist der DOK-Versuch in Therwil (BL), der seit 1978 in Kooperation zwischen der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Reckenholz und dem Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick durchgeführt wird (Mäder et al. 1997) (Abb. 1). Dieser Versuch vergleicht die Auswirkungen konventioneller, biologisch-organischer und biologisch-dynamischer Bewirtschaftungsverfahren auf Ertragsbildung, Qualität der Ernteprodukte, Bodenfruchtbarkeit und Prozesse im Boden. Die Verfahren unterscheiden sich hauptsächlich in der Art der Düngung und im Pflanzenschutz. Der Boden im DOK-Versuch ist eine skelettfreie, schwach pseudovergleyte Parabraunerde auf Löss. Die Jahresmitteltemperatur im Untersuchungsgebiet beträgt 9.7°C und der mittlere Jahresniederschlag 872 mm.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden die biologisch-dynamisch und die konventionell bewirtschafteten Böden während der Vegetationsperiode von Winterweizen beprobt. Im biologisch-dynamischen Verfahren wird mit kompostiertem Mist und Gülle gedüngt, während im konventionellen Verfahren Gaben von Stapelmist und Gülle durch mineralischen Dünger ergänzt werden. Ausserdem unterscheiden sich die Verfahren in den Methoden des Pflanzenschutzes. Da die Fruchtfolge (Kartoffeln, Winterweizen, Randen, Winterweizen, drei Jahre Kunstwiese) im DOK-Versuch auf drei benachbarten Schlägen parallel, aber zeitlich versetzt abläuft, war es möglich, diese Studie in zwei aufeinanderfolgenden Jahren unter der gleichen Kultur durchzuführen, allerdings nicht in den gleichen Parzellen.



Abb. 1 Luftbildaufnahme des DOK-Versuches in Therwil (BL) vom 19.7.1983.

Zur Ermittlung der saisonalen Schwankungen wurden zwischen Februar und Juli 1997 sowie von Dezember 1997 bis Juli 1998 die vier Feldwiederholungen der beiden Verfahren monatlich beprobt. Die Beprobungstiefe betrug 20 cm. Bis zur Siebung und Homogenisierung wurden die Bodenproben bei 4°C aufbewahrt.

Organischer Kohlenstoff (C_{org}) und Gesamtstickstoff (N_t) wurden mit einem CHN-Analysator (Leco, CHN-1000, St. Joseph, USA) gemessen. Die Gehalte an mikrobiellem Kohlenstoff (C_{mic}) und mikrobiellem Stickstoff (N_{mic}) wurden mittels Chloroform-Fumigations-Extraktionsmethode bestimmt (Brookes et al. 1985; Vance et al. 1987). Organischer Kohlenstoff und Stickstoff wurden mit 0.5 M K_2SO_4 aus chloroformierten und unbegasten Böden extrahiert und mittels Infrarot-Spektrometrie und Chemolumineszenz bestimmt (DIMATEC TOC-TNb, Essen, D). Zur Berechnung von C_{mic} und N_{mic} wurde die Differenz aus begaster und unbegaster Probe durch den empirisch ermittelten k_{EC} -Wert von 0.45 (Jørgensen & Müller 1996a) bzw. durch den k_{EN} -Wert von 0.54 (Jørgensen & Müller 1996b) geteilt. Dabei geht man davon aus, dass der extrahierbare Anteil der Gesamtmenge an C bzw. N über eine weite Anzahl von Böden konstant ist. Die Extraktion und Bestimmung des mineralischen Stickstoffs wurde nach den Referenzmethoden der eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten durchgeführt (FAL et al. 1996).

Zur Ermittlung der Tiefengradienten wurden im März und Juli 1998 die Bodenbereiche von 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm und 60-80 cm jeder Parzelle beprobt. Diese Proben wurden ebenfalls nach den oben beschriebenen Methoden untersucht. Ausserdem wurde an diesen Proben die Bodenrespiration anhand der CO_2 -Freisetzung gemessen. In Anlehnung an Wüthrich (1994, 30f.) wurde die CO_2 -Bildung aus einem Liter Boden im offenen Gaskreislauf mit einem Infrarot-Gasanalysator (LI 6252, LI-COR, Lincoln, USA) bis zum Erreichen eines stabilen Endwertes gemessen. Die Messung erfolgte an feldfrischen Proben bei der im Feld gemessenen Temperatur in einem konstanten Luftstrom. Mit der Bodenrespiration können funktionelle Zusammenhänge zwischen edaphischen Faktoren und den Bodenmikroorganismen gut beurteilt werden (Wüthrich 1994, 70).

Bei den dargestellten Ergebnissen handelt es sich um Mittelwerte der vier Feldparallelen. Detailliertere Angaben zum verwendeten Probedesign und zu den Methoden sind in den Diplomarbeiten von Brunner (1998) und Imhof (1999) nachzulesen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Die Verteilung von Kohlenstoff und Gesamtstickstoff im Boden

Die organische Substanz des Bodens hat ihren Ursprung in der pflanzlichen Primärproduktion und nimmt daher in der Regel mit der Bodentiefe ab. Ackerböden haben durch die permanente Durchmischung der gepflügten Zone (A_p -Horizont) hier keine Horizontierung mehr und sind vergleichsweise humusarm. Unterhalb des A_p -Horizontes werden Prozesse nur indirekt von der jeweiligen Bodenbearbeitung und -nutzung beeinflusst. Wurzeln dringen je nach Pflanzenart bis in grössere Tiefe vor (Ackerkulturen i.d.R. nicht weiter als 120 cm), und organische Stoffe können durch biologische Aktivität (Bioturbation) sowie infiltrierendes Wasser nach unten verlagert werden. Zudem nimmt mit der Tiefe der Sauerstoffgehalt in der Bodenluft ab und der Grundwassereinfluss zu.

Sowohl der C_{org} -Gehalt als auch der N_t -Gehalt des untersuchten Lössprofils nahmen mit der Tiefe ab. Das biologisch-dynamische Verfahren wies im Oberboden (0-20 cm) 14 % und in der Schicht von 40-60 cm 30 % höhere Gehalte an organischer Substanz auf als das konventionelle Verfahren (Abb. 2A und B). In der Schicht 60-80 cm bestand kein Unterschied mehr. Dies zeigt, dass sich die Bewirtschaftung auch auf die Bodenbereiche unterhalb des Pflughorizontes auswirkt. Das C/N-Verhältnis – ein Indikator für die Qualität der organischen Substanz – nahm in beiden Verfahren mit der Tiefe zu und war stets etwas enger im biologisch-

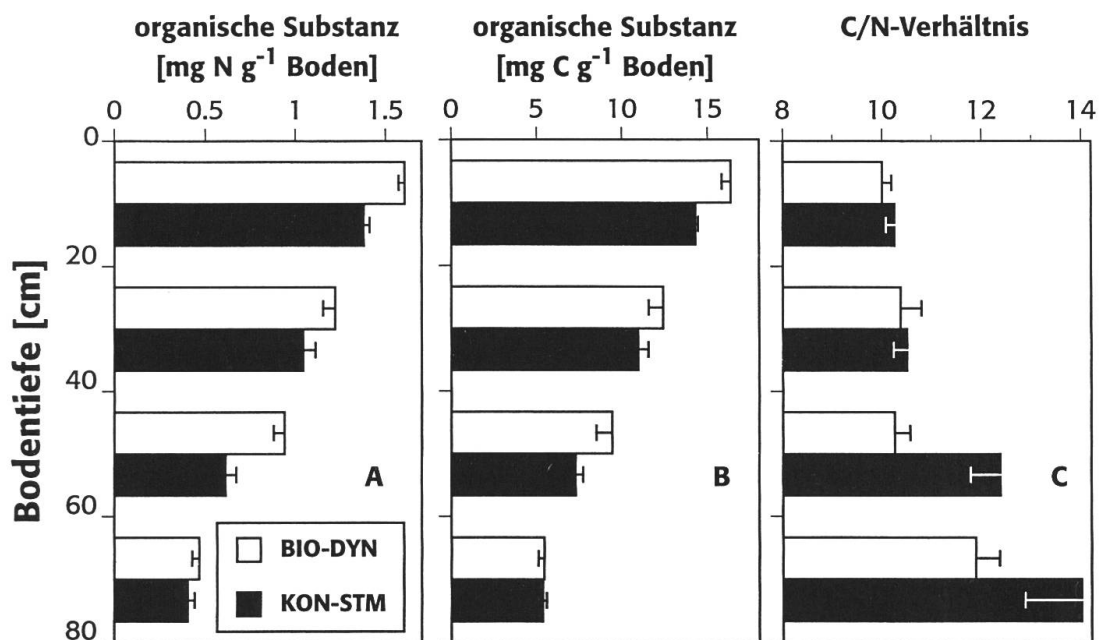


Abb. 2 Tiefenprofil der organischen Substanz in Böden biologisch und konventionell bearbeiteter Parzellen des DOK-Versuches als (A) organischer Kohlenstoff (C_{org}), (B) Gesamtstickstoff (N_t) und als (C) C/N-Verhältnis der organischen Substanz. Mittelwert der vier Feldparallelen mit Standardfehler.

dynamischen Verfahren (Abb. 2C). Ein engeres C/N-Verhältnis spricht in diesem Zusammenhang für eine leichtere Verfügbarkeit der organischen Substanz für den biologischen Abbau und für die Freisetzung darin gebundener Nährstoffe.

3.2 Tiefenverteilung von mikrobieller Biomasse und Bodenrespiration

Die mikrobielle Biomasse nahm in beiden Verfahren mit der Tiefe stark ab. In der untersten Bodenschicht war nur 10-14 % der mikrobiellen Biomasse des Oberbodens zu finden (Abb. 3A). Dies entspricht den Erwartungen, denn mit zunehmender Bodentiefe verschlechtern sich die Lebensbedingungen für Mikroorganismen. Der Oberboden wird durch die Bodenbearbeitungsmassnahmen, den Pflanzenbewuchs sowie durch die täglichen und saisonalen Änderungen von Temperatur und Feuchte beeinflusst. In den tieferen Bodenbereichen wird der Einfluss von Klima und pflanzlichem Bewuchs geringer. Bei zunehmender Tiefe und Lagerungsdichte nimmt der Sauerstoffgehalt des Bodens ab. Auch Porenkontinuität, Wassergehalt und Sauerstoffverbrauch beeinflussen den Sauerstoffgehalt im tieferen Boden. Infolgedessen verschlechtern sich die Bedingungen für aerobe Mikroorganismen mit zunehmender Bodentiefe. Einige Mikroorganismen können fakultativ ihren Stoffwechsel bei anaeroben Verhältnissen aufrechterhalten (fakultative Anaerobier), andere können nicht in Gegenwart von Sauerstoff überleben (strikte Anaerobier). Im Vergleich zum aeroben Stoffwechsel, bei dem über die Elektronentransportkette ein sehr effektiver ATP-Gewinn möglich ist, ist der Energiegewinn unter anaeroben Bedingungen sehr viel geringer (*Schlegel* 1985).

Bis in eine Bodentiefe von 60 cm war die mikrobielle Biomasse im biologisch-dynamischen Verfahren signifikant höher als im konventionellen Verfahren. Im Durchschnitt aller Tiefen war die mikrobielle Biomasse im biologisch-dynamischen Verfahren um 44 % (C_{mic}) bzw. 69 % (N_{mic}) höher als im konventionellen (Abb. 3A). Bei N_{mic} blieb der Verfahrenseffekt bis in eine Bodentiefe von 80 cm signifikant.

Ein weiterer Indikator für die Qualität der organischen Substanz im Hinblick auf seine mikrobielle Verwertbarkeit und seine Lebensraumfunktion ist der Anteil mikrobieller Biomasse am gesamten organischen C des Bodens (C_{mic}/C_{org} -Verhältnis). Im biologisch-dynamisch bewirtschafteten Boden war das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis um 22 % höher als im konventionell bearbeiteten Boden. Dieser Effekt war bis in eine Tiefe von 60 cm signifikant, darunter trat kein Unterschied mehr auf (Abb. 3B). Mit der Bodentiefe nahm offensichtlich die Funktion der organischen Substanz als Faktor für Lebensraumqualität der Organismen ab und war unterhalb von 60 cm nicht mehr durch die Bewirtschaftung beeinflusst.

Die Bodenrespiration war im konventionellen Verfahren deutlich geringer als im biologisch-dynamischen (Abb. 3C). Dieser Effekt war über alle Tiefen signifikant. *Mäder et al.* (1995) und *Fliessbach & Mäder* (1997) hatten beide keine signifikanten Effekte der Verfahren auf die Bodenatmung festgestellt. Dies ist kein Widerspruch, denn in den zitierten Arbeiten wurde nicht die aktuelle Bodenatmung (C-Mineralisierung) ermittelt, sondern die sogenannte Basalatmung, die nach einer 7-10-tägigen Vorinkubation der Bodenproben bei 20°C gemessen wird. Bei der hier verwendeten Methode wurde möglichst ungestörter Boden bei Feldtemperatur gemessen, was zu anderen Resultaten führt und auch auf anderen Prozessen beruht.

Die Bodenrespiration zeigte eine überraschend geringe Abnahme der Aktivität mit der Tiefe. Die im Vergleich zu den Gehalten an mikrobieller Biomasse hohen Atmungsraten in den unteren Bodenschichten deuten auf eine Verlagerung von organischen Verbindungen aus dem Oberboden hin, die hier mineralisiert werden. Andererseits werden durch die veränderten Bedingungen nach der Probenahme organische Verbindungen, die unter Standortbedingungen schlecht verfügbar waren, mikrobiell abgebaut.

Unterschiede in der Durchwurzelung und Bioturbation durch grabende Bodentiere sind mögliche Erklärungen für den anhaltenden Verfahrenseffekt unterhalb des Pflughorizontes. Nach *Blume et al. (1998)* besteht meist eine enge positive Beziehung zwischen Pflanzenwurzeln und der mikrobiellen Biomasse. Infolge dieses Rhizosphäreneffektes könnte die Wurzeldichte als Steuergrösse der mikrobiellen Biomasse sowie deren Aktivität im Unterboden betrachtet werden. Bei der Probenvorbereitung fiel uns aber kein Unterschied in der Wurzelmenge der beiden Verfahren auf. Daher ist zu vermuten, dass grabende Bodentiere zu einem Eintrag von organischem Material aus oberen Bodenschichten in den Unterboden beitragen. In den biologischen Parzellen des DOK-Versuches wurde regelmässig eine erhöhte Biomasse und Anzahl von Regenwürmern festgestellt, besonders bei den vertikal grabenden Würmern (*Pfiffner et al. 1993*). Deren Gangsysteme bewirken eine bessere Durchlüftung und raschere Infiltration auch in tiefere Bodenbereiche.

Die obersten 80 cm der Böden des biologisch-dynamischen Verfahrens enthielten doppelt so viel mikrobielle Biomasse wie die des konventionellen Verfahrens. Nahezu der gesamte Pflanzenwurzelbereich ist daher den verfahrensbedingt unterschiedlichen Bedingungen hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit und mikrobieller Besiedlung ausgesetzt.

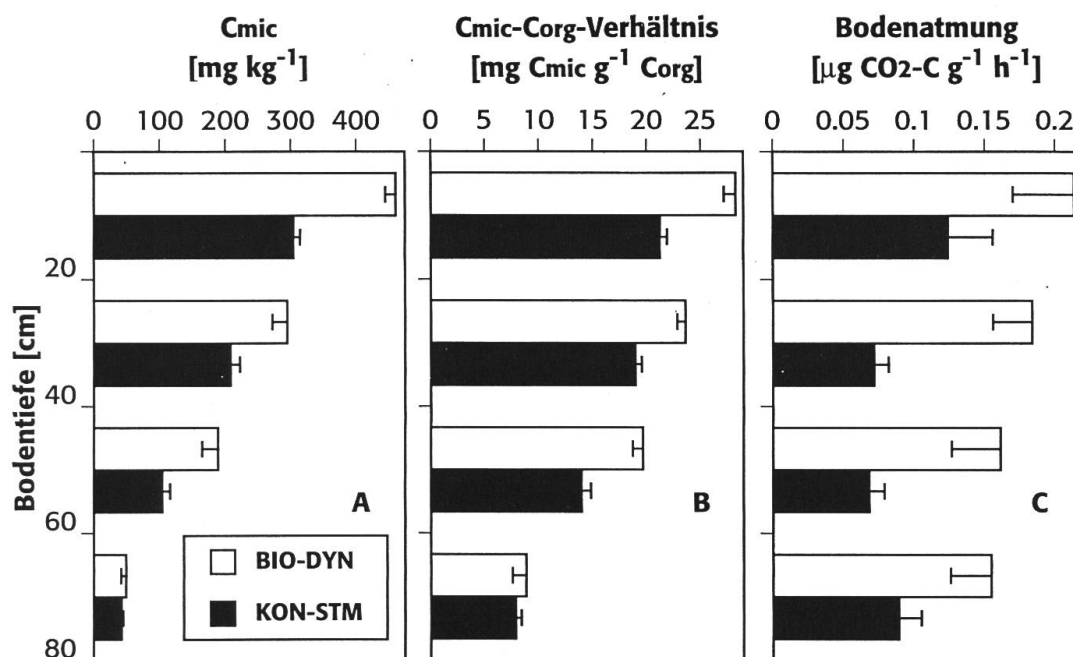


Abb. 3 Tiefenprofil (A) des mikrobiell gebundenen Kohlenstoffs (C_{mic}), (B) des Anteils der mikrobiellen Biomasse an der organischen Substanz des Bodens (C_{mic}/C_{org}) und (C) der Bodenatmung in Böden biologisch und konventionell bearbeiteter Parzellen des DOK-Versuches. Mittelwert der vier Feldparallelen mit Standardfehler.

3.3 Zeitlicher Verlauf der mikrobiellen Biomasse

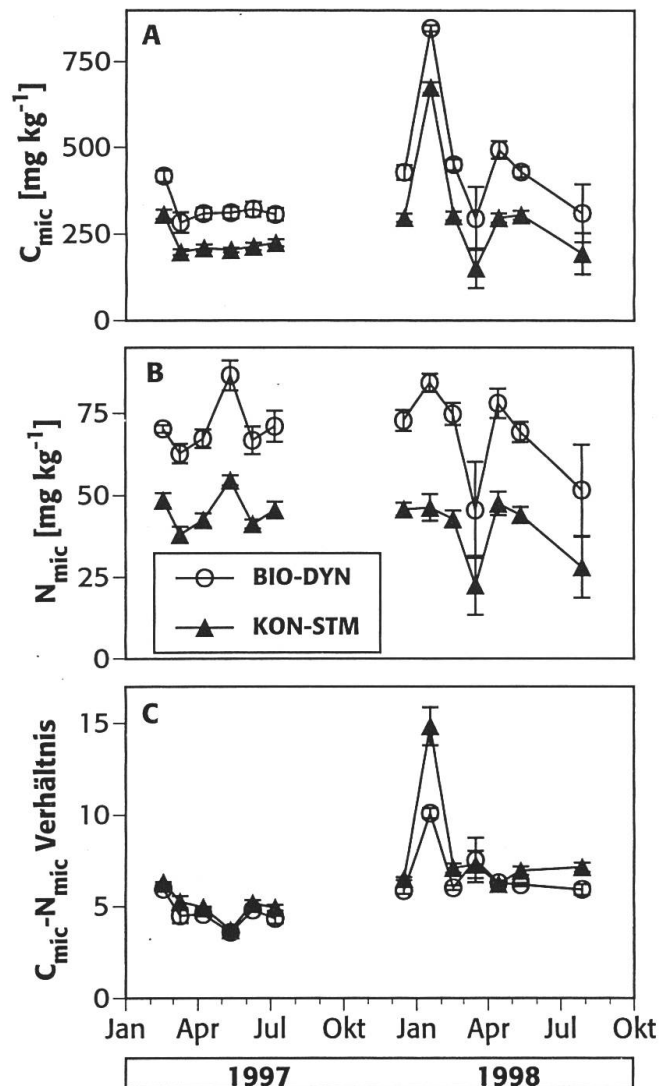
In den Böden (Ap-Horizont) des biologisch-dynamischen Verfahrens war der in der mikrobiellen Biomasse gebundene Kohlenstoff (C_{mic}) im Mittel um 43 %, der mikrobielle Stickstoff (N_{mic}) um 62 % höher als in den Böden des konventionellen Verfahrens. Dieser Unterschied bestand während der gesamten Beprobungsdauer und war hoch signifikant. Die mittlere räumliche Variabilität über die vier Feldversuchsparallelen betrug für C_{mic} wie für N_{mic} 10 % (Abb. 4A und B).

Der mikrobiell gebundene Stickstoff war sehr viel geringeren Schwankungen unterworfen als der mikrobiell gebundene Kohlenstoff. So betrug die zeitliche Variabilität für C_{mic} 38 %, während sie für N_{mic} nur 9 % ausmachte. Der C_{mic} -Verlauf war geprägt durch deutliche Maxima im zeitigen Frühjahr mit fast doppelt so hohen Werten wie in der vorherigen oder der folgenden Periode. Um nahezu 60 % höher waren die C_{mic} -Werte im zweiten Beprobungsjahr im Vergleich zum ersten, während die N_{mic} -Werte unverändert blieben. Dies könnte damit zusammenhängen, dass in den beiden Untersuchungszeiträumen verschiedene Parallelschläge beprobt worden sind. Witterungsbedingte Unterschiede können aber ebenfalls eine Rolle gespielt haben.

Der zeitliche Verlauf des mineralischen Stickstoffgehalts in den konventionell und biologisch-dynamisch bewirtschafteten Parzellen zeigte keinen signifikanten Verfahrensunterschied. Im Dezember 1997 wurden mit 50 kg N/ha für die Böden beider Verfahren verhältnismässig hohe N_{min} -Gehalte ermittelt. Vom Dezember zum Januar sanken die Werte im biologisch-dynamischen Verfahren um durchschnittlich 62 %, im konventionellen Verfahren um 73 % ab (Daten nicht dargestellt). Im April wurde mit 13 kg N/ha das Minimum erreicht; zum Sommer hin stiegen die Werte wieder langsam an.

Das Verhältnis von C_{mic} zu N_{mic} (C/N_{mic}) lag in den biologisch-dynamischen Böden im Mittel bei 5.7, während es in den konventionell behandelten Böden bei 6.6 lag (Abb. 4C). Diese Verhältniszahl ist in der Literatur noch recht umstritten, wird aber in Zusammenhang gebracht mit der Populationsstruktur der Mikroflora. Pilze haben ein höheres C/N-Verhältnis als Bakterien und machen möglicherweise bei einem weiten C/N_{mic} -Verhältnis einen grösseren Anteil der mikrobiellen Biomasse aus. Da die konventionellen Böden einen leicht tieferen pH-Wert aufweisen als die biologisch-dynamischen, ist dieses Resultat plausibel, wenn man die bekannte Vorliebe der Pilze für saure Standorte berücksichtigt. Da die Mikroorganismen ohne Synthese von Körpersubstanz oder Zellteilung keinen Stickstoff anreichern, sind auch die saisonalen Schwankungen durch Veränderungen in der mikrobiellen Population erklärbar. Es könnte auch sein, dass sich ein höherer Anteil aktiver Mikroorganismen in einem engeren C/N_{mic} -Verhältnis ausdrückt. Dieser Effekt dürfte aber relativ klein sein.

Abb. 4 Zeitlicher Verlauf der mikrobiellen Biomasse in Böden biologisch und konventionell bewirtschafteter Parzellen des DOK-Versuches als (A) mikrobiell gebundener Kohlenstoff (C_{mic}), (B) Stickstoff (N_{mic}) und als (C) Verhältnis mikrobiell gebundenen Kohlenstoffs und Stickstoffs. Mittelwert der vier Feldparallelen mit Standardfehler.



4 Schlussfolgerungen

Der Gehalt des Bodens an organischer Substanz nahm in dem untersuchten Lössprofil mit der Tiefe ab. Im Oberboden (0-20 cm) des biologisch-dynamischen Verfahrens war C_{org} um 14 % und in der Schicht von 40-60 cm um 30 % höher als im konventionellen. In der Schicht 60-80 cm bestand kein Unterschied mehr.

Das C/N-Verhältnis der organischen Substanz nahm in beiden Verfahren mit der Tiefe zu und war meist im biologisch-dynamischen Verfahren etwas enger. Ein engeres C/N-Verhältnis spricht für eine leichtere Verfügbarkeit der organischen Substanz und der darin gebundenen Nährstoffe.

Die C_{mic} - und N_{mic} -Gehalte der untersuchten landwirtschaftlich genutzten Lössböden nahmen mit der Tiefe rasch ab. Im Mittel über alle Bodenschichten enthielt der Boden der biologisch-dynamisch bewirtschafteten Parzellen durchschnittlich 45 % mehr C_{mic} als der konventionelle Vergleichsboden.

Die Bodenrespiration zeigte nur eine geringe Abnahme der Aktivität mit der Tiefe, war aber stets in den biologisch-dynamisch bewirtschafteten Böden höher als in den konventionellen. Die hohen Atmungsraten im Unterboden weisen auf ein hohes Atmungspotential hin, welches in der deutlich geringeren mikrobiellen Biomasse steckt. Diese Biomasse ist wahrscheinlich geprägt durch einen grossen Anteil an zu schnellem Wachstum befähigten Organismen (r-Strategen), die die vorhandenen C-Quellen schnell umsetzen können, allerdings pro Einheit Biomasse viel Energie verbrauchen. Im Hinblick auf Biomasse-Bildung verfolgen diese Organismen eine ineffiziente Strategie.

Das Verhältnis von C_{mic} zu N_{mic} (C/N_{mic}) lag in den biologisch-dynamischen Böden im Mittel bei 5.7, während es in den konventionell behandelten Böden bei 6.6 lag. Dieses Resultat spricht dafür, dass in den konventionell bewirtschafteten Parzellen mit leicht niedrigeren pH-Werten die Mikroorganismen mehr von Pilzen dominiert werden als beim bio-dynamischen Verfahren.

Bodenbiologische Kenngrössen (z.B. der Gehalt an mikrobieller Biomasse und die Bodenrespiration), die als Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit diskutiert werden, zeigen, dass sich die biologische Landbewirtschaftung nicht nur auf die bearbeitete Bodenschicht direkt auswirkt, sondern auch auf jene Bodenschichten positiv Einfluss nimmt, die unter dem Pflughorizont liegen.

Literatur

- Adam B., Geissler K. & Held M. 1998. Tutzingen Projekt "Ökologie der Zeit": Böden als Lebensgrundlage erhalten. Vorschlag für ein "Übereinkommen zum nachhaltigen Umgang mit Böden" (Bodenkonvention). *Schriftenreihe zur politischen Ökologie* 5: 1-38.
- Brookes P.C., Landman A., Pruden G. & Jenkinson D.S. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.* 17: 837-842.
- Brunner T. 1998. *Auswirkungen biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf die Netto-Stickstoffmineralisierung und auf C- und N-Gehalte organischer Fraktionen in einem Lössboden*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel, 1-93.
- FAL, FAW, RAC 1996. *Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten – 1. Bodenuntersuchung zur Standortbeurteilung*. Zürich-Reckenholz.
- Fließbach A. & Mäder P. 1997. Carbon source utilization by microbial communities in soils under organic and conventional farming practice. In: Insam H., Rangger A. (eds): *Microbial Communities – Functional versus Structural Approaches*, Berlin, 109-120.

- Imhof D. 1999. *Tiefenverteilung und winterlicher Verlauf von mikrobieller Biomasse und Bodenatmung unter Winterweizen in biologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Anbau*. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Basel.
- Jørgensen R.G. & Müller T. 1996. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: Calibration of the k_{EC} -factor. *Soil Biol. Biochem.* 28: 25-31.
- Jørgensen R.G. & Müller T. 1996. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: Calibration of the k_{EN} -factor. *Soil Biol. Biochem.* 28: 33-37.
- Leser H. 1997. *Landschaftsökologie*. Stuttgart, 1-644.
- Mäder P., Alföldi T., Niggli U., Besson J.-M. & Dubois D. 1997. Der Wert des DOK-Versuches unter den Aspekten moderner agrarwissenschaftlicher Forschung. *Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde* 42: 279-301.
- Mäder P., Hüsch S., Niggli U. & Wiemken A. 1995. Metabolic activities of soils from bio-dynamic, organic and conventional production systems. In: Cook H.F., Le H.C. (eds): *Soil Management in Sustainable Agriculture*, Wye, 584-587.
- Mäder P., Nowack K. & Alföldi T. 1994. *Literaturstudie zur Wahl der Methode für die Schätzung der mikrobiellen Biomasse im Boden sowie zur zeitlichen und räumlichen Variabilität der mikrobiellen Biomasse, der Bodenatmung und des Zelluloseabbaus*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL, Oberwil.
- Martens R. 1995. Current methods for measuring microbial biomass C in soil: Potentials and limitations. *Biol. Fertil. Soils* 19: 87-99.
- Pfiffner L., Mäder P., Besson J.-M. & Niggli U. 1993. DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. III. Boden: Untersuchungen über die Regenwurmpopulationen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 32: 547-564.
- Vance E.D., Brookes P.C. & Jenkinson D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- Wüthrich Ch. 1994. *Die biologische Aktivität arktischer Böden mit spezieller Berücksichtigung ornithogen eutrophierter Gebiete (Spitzbergen und Finnmark)*. *Physiogeographica*, Basler Beiträge zur Physiogeographie, 17: 1-233.

