

Veränderung mikrobieller Stoffumsetzungen in Böden durch den Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen - Modelluntersuchungen an Mikrokosmen -

Heiner Flessa und Friedrich Beese

Synopsis

The DOC-, NO_3^- -, NH_4^+ -, Mn^{2+} -, Fe^{2+} - and SO_4^{2-} -concentrations in the leachate of soil columns were measured during the change from well-aerated to strongly reduced redox conditions. The change to anoxic conditions was associated with decreasing NO_3^- - and increasing DOC, Mn^{2+} - and Fe^{2+} -concentrations.

Boden, Reduktion, Redoxpotential, Auswaschung, Stickstoff, Kohlenstoff, Mangan, Eisen

1. Einleitung

Mikrobielle Stoffumsetzungen im Boden werden maßgeblich durch den Sauerstoffgehalt der Bodenluft beeinflusst. In Abhängigkeit vom Sauerstoffverbrauch der Mikroorganismen beim oxidativen Abbau organischer Substanz sowie der Sauerstoffdiffusion aus der Atmosphäre in den Boden können klein- aber auch großräumig anaerobe Bedingungen entstehen (HOWELER & BOULDIN 1971). Der Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen ist mit einer Veränderung der Mikrobenpopulation verbunden. Aerobe Organismen werden verdrängt und fakultativ sowie letztlich obligat anaerobe Mikroorganismen treten milieubeherrschend auf. Eine Folgeerscheinung ist die Veränderung der Art und der Intensität mikrobieller Stoffumsetzungen, da anstatt des Sauerstoffs alternative organische und anorganische Verbindungen hoher Oxidationsstufe, wie beispielsweise NO_3^- , Mn(III,IV) , Fe(III) , SO_4^{2-} sowie CO_2 als Elektronenakzeptor dienen (BRÜMMER 1974, GOTOH & PATRICK 1974, REDDY & al. 1986). Der Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen ist deshalb oft mit einer Veränderung der Stoffausträge in die Hydro- und Atmosphäre verbunden.

In Modellversuchen an Mikrokosmen wurde untersucht, wie und in welcher Zeit sich beim Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen mikrobielle Stoffumsetzungen im Boden und daran gekoppelt Stoffausträge mit dem Sickerwasser verändern können.

2. Material und Methoden

8 Plexiglasrohre (Durchmesser 15 cm, Höhe 30 cm) wurden 25 cm hoch mit < 4mm gesiebt Boden aus einem Ap-Horizont einer Braunerde aus Lößlem befüllt. Bodeneigenschaften: Lagerungsdichte: $1,2 \text{ g/cm}^3$, C_{org} : 2,3%, N_i : 0,25%, Körnung: Sand 16%, Schluff 59%, Ton 25%. Die Säulen wurden mit einer Boden- und einer Deckelplatte luftdicht verschlossen und ein konstanter Luftstrom (25 ml/min) über die Bodensäulen geleitet. Bei 4 Säulen wurde der Luftstrom zwei Wochen nach Versuchsbeginn durch eine entsprechende Stickstoffbegasung ersetzt (anaerobe Variante). Die Bodensäulen wurden während der gesamten Versuchsdauer (9 Wochen) mit einer CaCl_2 -Lösung (0,001 M) mit 10 mm/Tag (12 Teilgaben) beregnet. Das Perkolat wurde am Säulenboden mit 10 kPa Unterdruck durch einen Membranfilter (0,45 μm) gesaugt und in einer Glasflasche gesammelt. In wöchentlichen Abständen wurden die DOC-, NO_3^- -, NH_4^+ -, Mn^{2+} -, Fe^{2+} -sowie SO_4^{2-} -Konzentrationen im Perkolat bestimmt. Parallel hierzu wurde mit Platinmikroelektroden das Redoxpotential in den Säulen in jeweils 10, 15 und 20 cm Tiefe gemessen und mit einem automatisierten GC-System kontinuierlich die CO_2 -Freisetzung aus den Säulen bestimmt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Redoxpotentialmessungen zeigen, daß die mit Luft versorgten Bodensäulen trotz der kontinuierlichen Beregnung ausreichend mit Sauerstoff versorgt waren. Die Redoxpotentiale dieser Variante lagen während des gesamten Versuches in allen 3 Bodentiefen (10, 15, 20 cm) deutlich über +400 mV (Abb. 1a). Der Eh-Gradient, der sich nach ca. 4 Wochen ausbildete (sinkende Potentiale mit zunehmender Bodentiefe), ist ein Hinweis dafür, daß mit zunehmender Bodentiefe der Sauerstoffgehalt der Bodenluft abnahm. In den N_2 -begasteten Säulen wurde der Restsauerstoff rasch durch die Mikrobenatmung aufgebraucht. Bereits nach 5 Tagen wurden

Potentiale erreicht ($< +300$ mV), die den Übergang zu anaeroben Bedingungen kennzeichnen (PONNAMPE-RUMA 1972). Die extrem niedrigen Werte (< -200 mV), die sich nach ca. 2 Wochen einstellen, sind typisch für stark reduzierte Böden.

Der Abbau der organischen Substanz verlief unter reduzierenden Bedingungen sehr viel langsamer als unter oxidierenden Bedingungen. Die Summe der CO_2 -Freisetzung über den gesamten Versuchszeitraum war bei der belüfteten Variante ca. 2,5 mal größer als bei den anaeroben Systemen (Abb. 1b). In beiden Varianten sanken die Freisetzungsraten mit fortschreitender Versuchsdauer. Während die kontinuierlichere Abnahme der Freisetzungsraten bei den aeroben Säulen wahrscheinlich auf den kleiner werdenden Pool leicht zersetzbarer organischer Substanz zurückzuführen ist, spiegelt der rasche Rückgang der CO_2 -Freisetzung in den ersten 5 Tagen bei den N_2 -begasten Säulen das Verschwinden des Sauerstoffs und damit den Rückgang aerober Mikroorganismen wider.

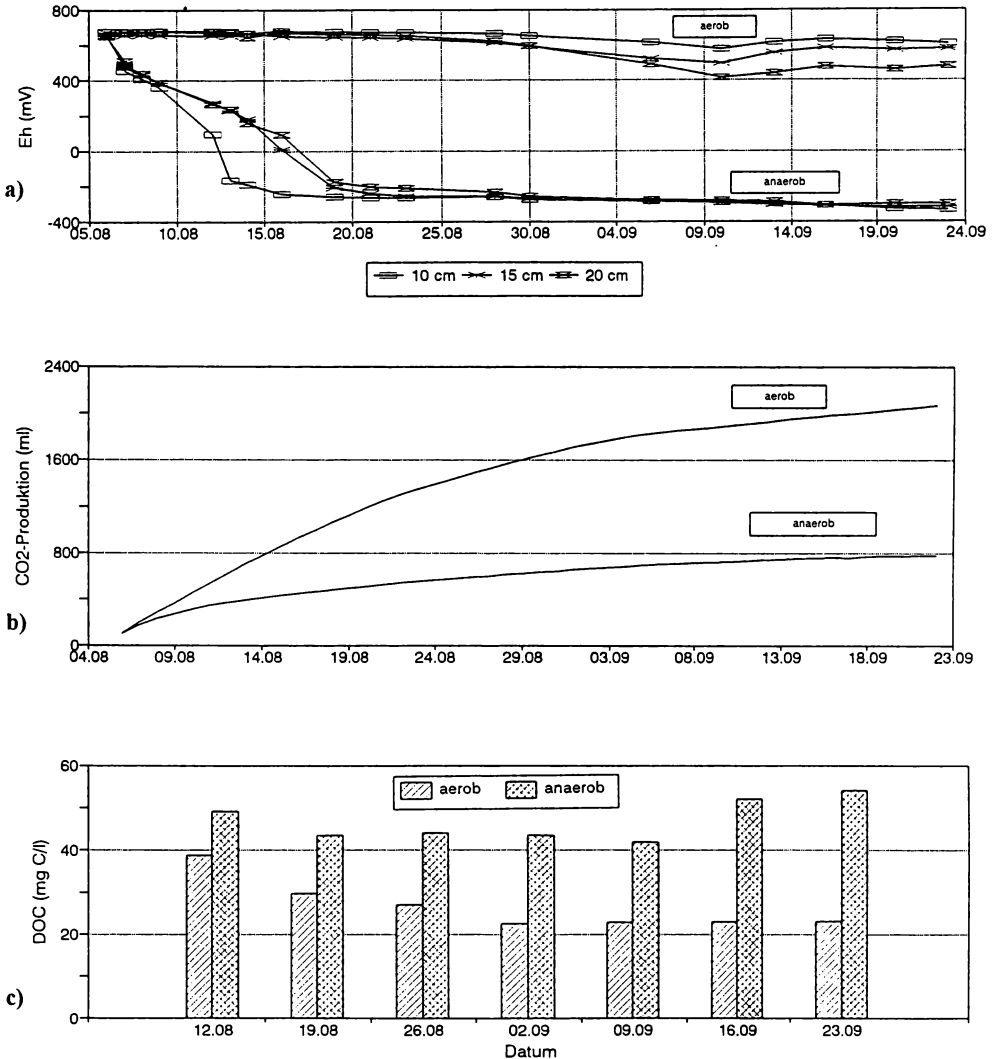


Abb. 1: Verlauf der Redoxpotentiale (in 10, 15 und 20 cm Bodentiefe) (a), CO_2 -Produktion/Bodensäule (b) und Konzentration an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) im Sickerwasser (c) gemessen in luftbegasteten Bodensäulen (aerob) bzw. nach einsetzender Stickstoffbegasung am 06. 08. (anaerob).

Unter reduzierenden Bedingungen verläuft der Abbau der organischen Substanz unvollständiger. Er endet oft mit der Bildung niedermolekularer Säuren. Eine Folge hiervon sind deutlich höhere Austräge an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) mit dem Sickerwasser. Die DOC-Konzentrationen im Perkolat der anaeroben Bodensäulen überstiegen gegen Versuchsende diejenigen der aeroben Varianten um mehr als das Doppelte (Abb. 1c).

Durch den Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen verändert sich die Dynamik des mineralischen Stickstoffs im Boden. Da bei einsetzendem Sauerstoffmangel im Boden manche Bakterien fähig sind, anstelle des elementaren Sauerstoffs Nitrat als Elektronenakzeptor zu verwenden (Denitrifikation) und die Nitratbildung (Nitrifikation) an die Anwesenheit von elementarem Sauerstoff gebunden ist, verringert sich die Nitratkonzentration der Bodenlösung beim Übergang zu anaeroben Bedingungen. Entsprechend war die Auswaschung des Nitrat- aber auch des gesamten mineralischen Stickstoffs unter anaeroben Bedingungen deutlich geringer als in den aeroben Varianten (Abb. 2). Das anaerobe Sickerwasser zeigte dagegen höhere Ammoniumgehalte. Dies dürfte im wesentlichen auf die gehemmte Nitrifikation zurückzuführen sein.

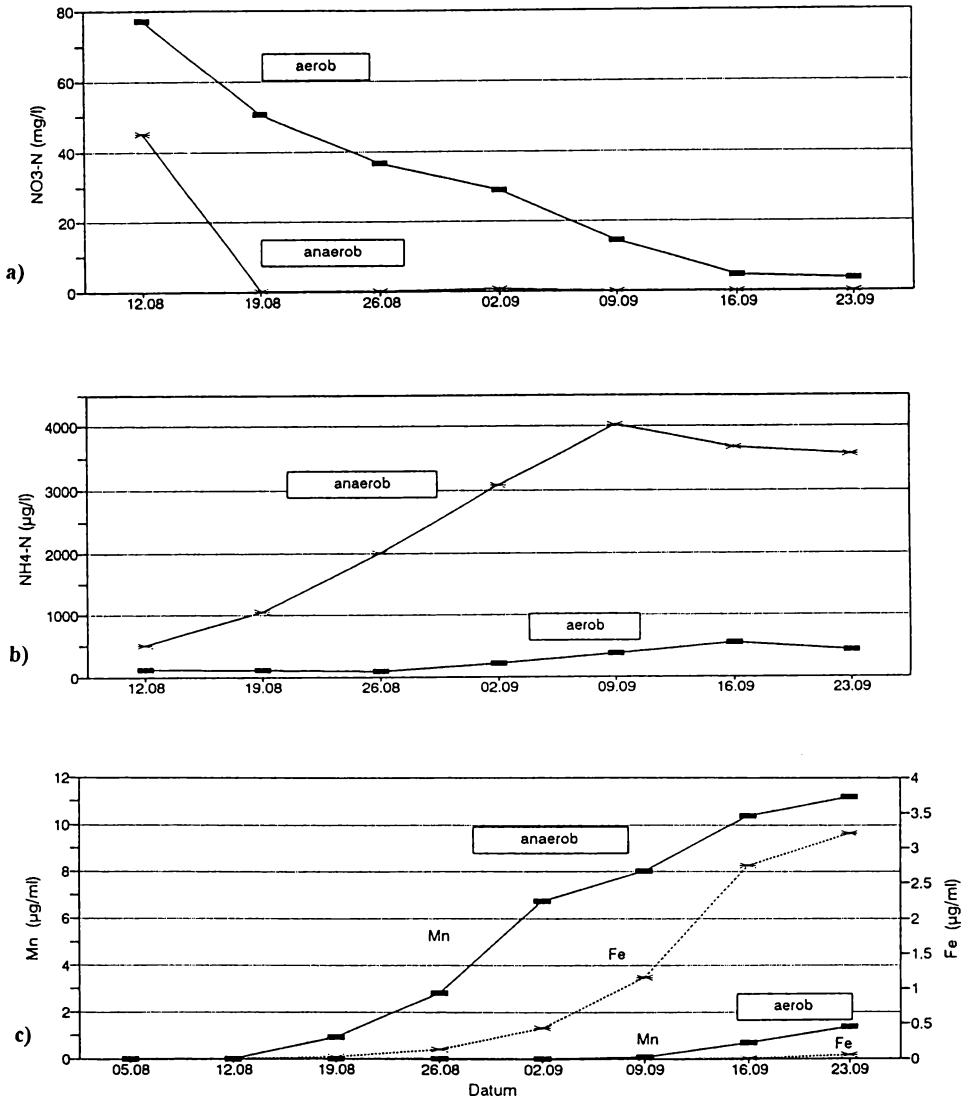


Abb. 2: Konzentration von Nitrat (a), Ammonium (b) sowie Mn²⁺ und Fe²⁺ (c) im Sickerwasser belüfteter Bodensäulen (aerob) bzw. nach einsetzender Stickstoffbegasung (am 06. 08) (anaerob).

Mit zunehmend sinkendem Redoxpotential werden auch Mangan(III,IV)- und Eisen(III)oxide durch anaerobe Mikroorganismen reduziert. Hierdurch wird die Mn- und Fe-Mobilität beträchtlich erhöht. Die Mn^{2+} - und Fe^{2+} -Auswaschung war in den anaeroben Bodensäulen 17 bzw. 116 mal größer als unter aeroben Bedingungen (Abb. 2c).

Die Sulfatkonzentrationen im Sickerwasser lagen bereits nach 2 Probenahmeterminen bei beiden Varianten unterhalb der Nachweisgrenze (<10 mg/L).

Die zeitliche Reihenfolge der beobachteten mikrobiellen Reduktionsprozesse, zuerst Nitrat dann Mangan(III,IV) und schließlich Eisen(III) entspricht den thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten und spiegelt den abnehmenden Energiegewinn für die Organismen bei Reduktion dieser Elektronenakzeptoren wider. Die Modellversuche zeigen, daß sich beim Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen bereits nach wenigen Tagen sowohl die Art als auch die Intensität des mikrobiellen Abbaus der organischen Substanz verändert und dies eine Veränderung der Kohlenstoff-, Stickstoff-, Mangan- und Eisenauswaschung zur Folge hat.

Literatur

- BRÜMMER, G., 1974: Redoxpotentiale und Redoxprozesse von Mangan-, Eisen- und Schwefelverbindungen in hydromorphen Böden und Sedimenten. - *Geoderma* 12: 207-222.
- GOTOH, S. & W.H. PATRICK, 1974: Transformation of iron in a waterlogged soil as influenced by redox potential and pH. - *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 66-71.
- HOWELER, R.H. & D.R. BOULDIN, 1971: The diffusion and consumption of oxygen in submerged soils. - *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 202-208.
- PONNAMPERUMA, F.N., 1972: The chemistry of submerged soils. - *Adv. Agron.* 24: 29-96.
- REDDY, K.R., FEIJTEL, T.C. & W.H. PATRICK, 1986: Effect of soil redox conditions on microbial oxidation of organic matter. - In: CHEN, Y. & Y. AVNIMELECH (eds.): *The role of organic matter in modern agriculture*. - Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht: 117-156.

Adresse

H. Flessa, F. Beese, Institut für Bodenökologie, GSF, Ingolstädter Landstraße 1, D-W-8042 Neuherberg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [22_1993](#)

Autor(en)/Author(s): Beese Friedrich, Flessa Heiner

Artikel/Article: [Veränderung mikrobieller Stoffumsetzungen in Böden durch den Übergang von aeroben zu anaeroben Bedingungen - Modelluntersuchungen an Mikrokosmen 403-406](#)