

Die Auswirkungen von saurer Beregnung und Kalkung auf die mikrobielle Aktivität im Boden¹

Von K. KREUTZER und L. ZELLES

Einleitung

Ziel der Untersuchung ist es, die Auswirkungen der Bodenversauerung und der Kalkung auf die mikrobielle Aktivität in der Moderauflage eines älteren Fichtenbestandes zu erfassen. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Geländeexperiments Höglwald im 2. Jahr der experimentellen Behandlung durchgeführt (KREUTZER u. BITTERSÖHL 1986). Eine ausführliche Darstellung findet sich bei ZELLES, SCHEUNERT und KREUTZER (1986).

Material und Methoden

Die Proben wurden im September 1985 von folgenden Behandlungsflächen repräsentativ entnommen:

- A1 Kontrolle
- B1 saure Beregnung (pH 2,7–2,8)
- C1 normale Beregnung (pH um 5,0)
- A2 Magnesiakalkung im April 1984 (40 dt gemahlener Dolomit pro ha)
- B2 wie B1 mit Magnesiakalkung
- C2 wie C1 mit Magnesiakalkung

Bis zur Probenahme waren auf den Parzellen B1, B2, C1 und C2 1984 165 mm, 1985 173 mm beregnet worden.

Die Probenahme erfolgte in Stechrahmen von 10×10 cm in mehrfacher Wiederholung für die Horizonte Of11 (1,0 cm mächtig), Of12 (1,0 cm), Of2 (1,5 cm), Oh (2,0 cm). Am Beprobungstag wurden die Proben im Labor gesiebt (4 mm Durchmesser) und bis zur Aufarbeitung bei 4 °C gelagert.

Die Wärmeleistung (SPARLING 1983) wurde im Mikrokolorimeter (LKB 2080) gemessen, die Bodenatmung mit Hilfe des Uras 7 N; Wärmeleistung und Bodenatmung ermittelten wir auch nach Glukosezugabe in Anlehnung an die Methode von ANDERSON und DOMSCH (1978). ATP bestimmten wir mit Hilfe der Biolumineszenz-Methode (ZELLES et al. 1985).

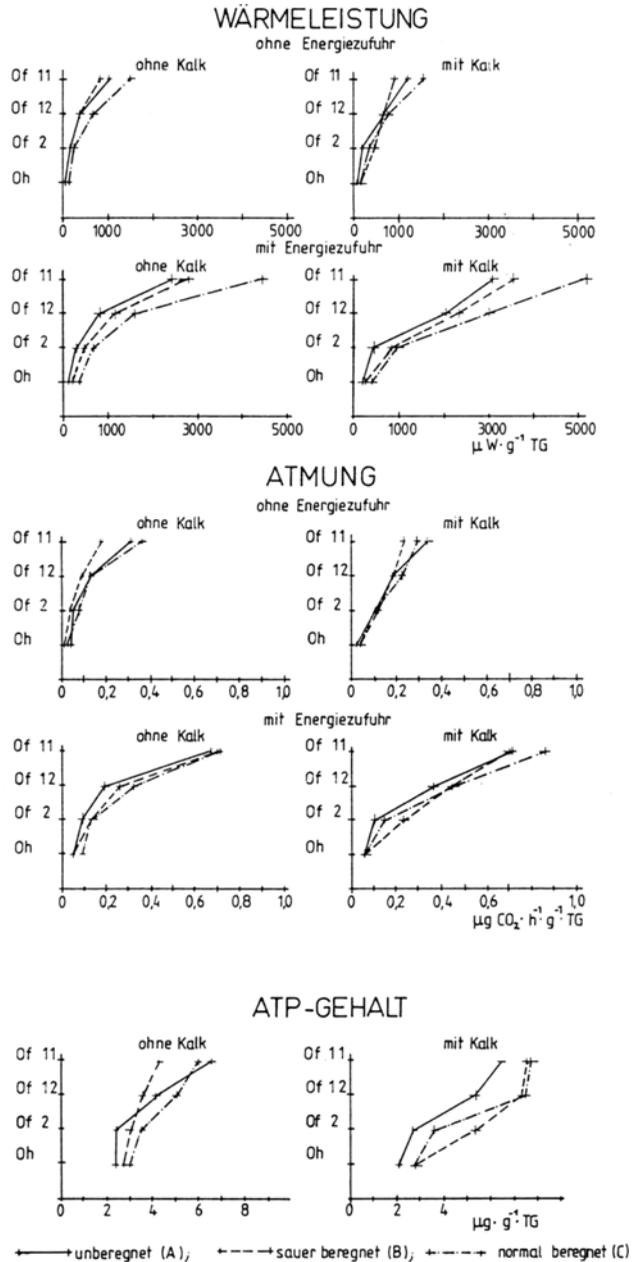
pH-Werte im Auflagehumus der Versuchspartellen
pH values in the humus layer of the experimental plots

	A1	A2
Of 11	4,69	6,63
Of 12	3,70	6,38
Of 2	3,23	4,66
Oh	3,15	3,90
<hr/>		
	B1	B2
Of 11	4,28	6,59
Of 12	3,78	6,47
Of 2	3,42	5,93
Of	3,33	4,15
<hr/>		
	C1	C2
Of 11	4,75	6,72
Of 12	4,07	6,40
Of 2	3,49	4,85
Oh	3,30	3,74

¹ Beitrag Nr. 8 der Höglwald-Serie 1986.

Ergebnisse

In der Tabelle sind die pH-Werte, in der Abbildung die Ergebnisse der mikrobiologischen Tests dargestellt. Bewässerungseffekte zeigen sich im wesentlichen bei dem Vergleich der Parzellen C1 mit A1 bzw. C2 mit A2. Effekte der sauren Beregnung können aus dem Vergleich der Parzellen B1 mit C1 bzw. B2 mit C2 erkannt werden, während die Kalkungseffekte aus dem Vergleich der Parzellen A2 mit A1 bzw. B2 mit B1 und C2 mit C1 hervorgehen.



Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Auflagehumus des Fichtenaltbestandes Höglwald. Probenahme: September 1985 (TG = Trockengewicht des Bodens)

Results of micro-biological investigations of the humus layer of the old spruce stand Höglwald. Sampling time: September 1985 (TG = dry weight of the soil)

Diskussion

Die mikrokolorimetrische Methode (LJUNGHOLM et al. 1979 a und b) kennzeichnet die Gesamtaktivität sehr gut, wenn sich Wärmeeinflüsse abiotischen Ursprungs nicht differenzierend auswirken, wie dies in unserem Fall gewährleistet ist. Die Respirationmethode hingegen erfährt eine mehr spezifische Gruppe von Mikroorganismen, nämlich die aerob-heterotrophen. Bei beiden Methoden bewirkt der Glukosezusatz eine Aktivierung ruhender Mikroorganismen-Formen (BECK 1968) und ermöglicht auf diese Weise eine bessere Beurteilung der potentiellen ökologischen Verhältnisse. Die ATP-Methode zeigt weniger die Bioaktivität als die Biomasse der Mikroorganismen an (JENKINSON et al. 1979; JENKINSON u. OADES 1979; OADES u. JENKINSON 1).

Alle hier angewandten Methoden lassen eine markant ausgeprägte Abnahme der Bioaktivität mit der Bodentiefe erkennen. Dies geht wahrscheinlich darauf zurück, daß die leicht abbaubare organische Substanz ebenfalls mit der Tiefe abnimmt. Möglicherweise wirkt sich auch die mit der Tiefe zunehmende H^+ -Ionenaktivität und/oder abklingende Basenversorgung hemmend auf die Mikroorganismen-tätigkeit aus (REITER et al. 1986).

Die Beregnung mit „normalem“ Wasser förderte auf unserem Standort die gesamte Bioaktivität erheblich. Am deutlichsten kommt dies auf den ungekalkten Parzellen bei der mikrokolorimetrischen Technik mit Glukosezusatz zum Ausdruck: Quantitativ ist der Effekt im obersten Horizont am größten, bleibt aber relativ in allen Horizonten gleich. Offensichtlich erfährt die Beregnung den Auflagehumus sehr gleichmäßig.

Gemessen an der „normalen“ Beregnung ist ein sehr deutlicher negativer Effekt durch den künstlichen sauren Regen zu erkennen. Auch dieser „Versauerungseffekt“ wird auf den ungekalkten Parzellen bei der mikrokolorimetrischen Methode am besten erkennbar und bleibt ebenso wie der „reine Bewässerungseffekt“ in allen Horizonten relativ annähernd gleich. Der Rückgang beträgt rund 30 bis 50 % der Bioaktivität bei normaler Beregnung. Ähnliche Versauerungseffekte fanden ABRAHAMSEN et al. (1980), BAATH et al. (1980) und KLEIN et al. (1984).

Die Kalkung förderte die Bioaktivität. Dies zeigt sich am deutlichsten in einer Anhebung der Aktivität auf das Doppelte im Subhorizont Of12, z. T. auch im Of2. Wahrscheinlich wirkt sich hier nicht nur die kalkungsbedingte pH-Anhebung allein aus; sie ist auch im Of11-Horizont vorhanden. Man kann annehmen, daß auch die geschütztere, gleichmäßiger durchfeuchtete Lage positiv auf die Bioaktivität wirkt. Möglicherweise ist es aber auch ein Zeiteffekt: Im oberen Horizont Of11, der von der Kalkung am stärksten direkt erfährt wurde, sind die nach pH-Anstieg leicht abbaubaren organischen Substanzen seit der Kalkausbringung im April 1984 schon vermehrt aufgebraucht worden. Mit der Zeit „wandert“ der pH-Anstieg jedoch nach unten und erfährt jene Horizonte, deren Material durch den pH-Anstieg noch vermehrt leichter umgesetzt werden kann. In den Diagrammen der Abbildung zeigt sich dies in einer abweichenden Krümmung der Kurven.

Bemerkenswert ist, daß die saure Beregnung auch auf der gekalkten Parzelle (B2) eine Verminderung der Bioaktivität bewirkt, wie der Vergleich mit der normal beregneten und gekalkten Parzelle (C2) erkennen läßt. Offensichtlich reicht die Puffergeschwindigkeit des Kalkes nicht aus, um kurzfristige Säureschocks der sauren Beregnung abzufangen.

Zusammenfassung

Die mikrokolorimetrische Technik mit Glukosezusatz erwies sich als geeignetste Methode, um im Auflagehumus eines älteren Fichtenbestandes die Auswirkungen der sauren Beregnung und der kompensatorischen Kalkung zu testen. Gemessen an normal beregneten Flächen führte eine saure Beregnung mit pH 2,7 bis 3,0 zu einem Rückgang der Bioaktivität um 30 bis 50 %. Die Kalkung förderte dagegen die Bioaktivität bis auf das Doppelte. Der Anstieg war allerdings nur in den Of12- und Of2-Subhorizonten deutlich zu beobachten. Diese Subhorizonte weisen am deutlichsten einen kalkungsbedingten pH-Anstieg auf, sind jedoch mikroklimatisch günsti-

ger als der darüberliegende Of11-Subhorizont. Möglicherweise wurde jedoch auch die leicht zersetzbare organische Substanz im OF11 bereits aufgebraucht.

Summary

The effect of acid irrigation and liming on the microbial activity in the soil

The micro-calorimetric technique with addition of glucose has proved to be a well-suited method for determining bioactivity in the humus layer of an older spruce stand after acid irrigation and liming. Compared with normally irrigated plots, artificial acid rain with pH 2.7 to 3.0 reduced bioactivity to 30 to 50 %.

Liming about doubled bioactivity, but significantly only in distinct subhorizons (Of12 and Of2).

These subhorizons are characterized by a lime-induced pH-increase as well as by better micro-climatic conditions than such in subhorizon Of11 located on top of the two, and by having a higher pH, too. Possibly, the easily decomposable compounds were already used up in Of11.

Literatur

- ABRAHAMSEN, G.; HOVLAND, I.; HAGVAR, S., 1980: Effects of artificial acid rain and liming on soil organisms and the decomposition of organic matter. In Proceeding NATO Conference on Effects of Acid Precipitation on Vegetation and Soils. I. Ecology Vol. 4. Hutchinson T. C.; Havas, M., (eds.) New York and London: Plenum Press. pp 341–362.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H., 1978: A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil. Biol. Biochem.* 10, 215–221.
- BAATH, E.; BERG, B.; LOHM, U.; LUNDGREN, B.; LUNDKVIST, H.; ROSSWALL, T.; SÖDERSTRÖM, B.; WIREN, A., 1980 a: Effects of experimental acidification and liming on soil organisms and decomposition in Scots pine forests. *Pedobiologica* 20, pp 85–100.
- BAATH, E.; BERG, B.; LOHM, U.; LUNDGREN, B.; LUNDKVIST, H.; ROSSWALL, T.; SÖDERSTRÖM, B.; WIREN, A., 1980 b: Soil organisms and litter decomposition in a Scots pine forest Effects of experimental acidification. In Proceeding NATO Conferences on Effects of Acid Precipitation on Vegetation and Soil. I. Ecology Vol. 4. Hutchinson, T. C., Havas, M., (eds) Plenum Press New York and London, pp 375–380.
- BECK, T., 1968: *Mikrobiologie des Bodens.* München, Wien, Basel: Bayerischer Landwirtschaftsverlag.
- JENKINSON, D. S.; DAVIDSON, S. A.; POWLSON, D. S., 1979: Adenosine Triphosphate and microbial biomass in soil. *Soil Biol. Biochem.* 11, 521–527.
- JENKINSON, D. S.; OADES, J. M., 1979: A method for measuring Adenosine Triphosphate in soil. *Soil Biol. Biochem.* 11, 193–199.
- KLEIN, T. M.; NOVIC, N. J.; KREITINGER, J. P.; ALEXANDER, M., 1984: Simultaneous inhibition of C- and N-mineralization in a forest soil by simulated acid precipitation. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* 32, 698–703.
- KREUTZER, K.; BITTERSÖHL, I., 1986: Untersuchungen über die Auswirkungen des sauren Regens und der kompensatorischen Kalkung im Wald – Zielsetzungen, Anlage und bisherige Durchführung des Freilandexperiments Höglwald, *Forstw. Cbl.* 105, H. 4, 273–282.
- LJUNGHOLM, K.; NOREN, B.; SKÖLD, R.; WADSO, J., 1979 a: Microcalorimetric observations of microbial activity in normal and acidified soils. *Oikos* 33, 24–30.
- LJUNGHOLM, K.; NOREN, B.; WADSO, J., 1979 b: Use of microcalorimetry for the characterisation of microbial activity in soils *Oikos* 33, 15–23.
- OADES, J. M.; JENKINSON, D. S., 1979: Adenosine Triphosphate content of soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 11, 201–204.
- SPARLING, G. P., 1983: Estimation of microbial biomass and activity in soil using microcalorimetry. *J. Soil. Sci.* 34, 381–390.
- ZELLES, L.; SCHEUNERT, I.; KORTE, F., 1985: ATP-measurements in soil: combination between the TCA and NRB extraction methods. *Chemosphere* 14, 139–148.
- ZELLES, L.; SCHEUNERT, I.; KREUTZER, K., 1986: Effect of artificial irrigation, acid precipitation and liming on the microbial activity in soil of spruce forest. *Biol. Fert. Soil.* (im Druck).

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. K. KREUTZER, Lehrstuhl für Bodenkunde, Amalienstraße 52, D-8000 München 40; Dr. L. ZELLES, Institut für Ökologische Chemie der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Ingolstädter Landstraße 1, D-8042 Neuherberg