

(Aus dem Institut für Ökophysiologie der Primärproduktion des Zentrums für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V. Müncheberg)

Untersuchungen von Trockenrasen hinsichtlich des Einflusses von Hangdeposition und Eutrophierung mit Gülle auf mikrobielle Prozesse im Boden, Rhizosphärenmikroflora und die Entwicklung pflanzlicher Biomassen

Von G. HÖFLICH und P. LENTZSCH

(Mit 5 Abbildungen)

Zusammenfassung

Im Rahmen der Arbeit wurde der Einfluß einer unkontrollierten Gülleausbringung auf Trockenrasenflächen der Galower Berge (Deutschland) auf Mikroorganismen im Rhizosphärenraum in Abhängigkeit von der Geländeform (Tal, Süd- und Nordhang, obere Bergregion), veränderten Pflanzengesellschaften bei Beachtung chemischer Bodenfaktoren untersucht. Es konnte festgestellt werden, daß – verglichen mit Böden des Nordhanges – in den unterschiedlichen Bodenproben vom Südhang mehr organische und anorganische Nährstoffe angereichert waren. Das führte zu erhöhter Bodenatmung, mikrobieller Biomasse, Nodulation, Bakterien- und Pilzbesiedlung und zu einer besseren Entwicklung von Pflanzen bzw. Pflanzengesellschaften.

Niedrigere Pflanzentrockenmassen auf Böden vom Nordhang korrelierten mit einer höheren Ansiedlung von *Streptomyces* spp., *Penicillium* ssp. und *Mucor* spp. im Rhizosphärenraum von Weizen und Erbsen.

Durch unkontrolliert hohe Gülleausbringung wurden die Elemente Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium im Boden angereichert. Das führte speziell am Nordhang und im Unterboden zu höheren Pflanzenbiomassen. Infolge erhöhter biologischer Aktivität konnte aber eine Anreicherung organischer Kohlenstoffverbindungen im Boden nicht festgestellt werden.

Die stärkere Pflanzenentwicklung nach extremer Güllendüngung bzw. im Tal korrelierte mit einer erhöhten Rhizosphärenbesiedlung durch *Pseudomonas* spp. und *Bacillus* spp. und einer geringeren Besiedlung durch *Streptomyces* spp. und Pilze der Gattungen *Fusarium*, *Penicillium* und *Mucor*.

Schlüsselworte: Hangdeposition, Eutrophierung, Trockenrasen, mikrobielle Aktivität, Pflanzenwachstum.

Analysis of dry grass areas with respect to the influence of slope deposition and eutrophication with liquid manure on microbial processes in the soil, the rhizosphere and the development of plant biomass

Summary

The influence of uncontrolled fertilization of grasscovered arid regions of the Galower Hills (Germany) on microorganisms in the rhizosphere depending on area (valley, higher located hill regions, north and south slope), plant society change, and chemical soil factors has been investigated. Compared with soil of the north slope, an enrichment of organic and anorganic nutrients in different soil samples derived from the south slope could be found. This accumulation is the reason for an increase of soil respiration, biomass, nodulation, and colonization by bacteria and fungi as well as a better development of plants and plant societies, respectively.

A correlation between the lower dry weight of plants from the north slope and a higher population with *Streptomyces* spp., *Penicillium* spp. and *Mucor* spp. of the rhizosphere of wheat and pisum, respectively, could be observed.

One of the consequences of an uncontrolled high amount of liquid manure was the enrichment of the elements nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium in the soils. This led to an increased dry weight of plants, especially when they were grown at the north slope and in the subsoil, respectively. Since the biological activity was increased, no accumulation of organic carbon compounds in this soil could be found.

A correlation between a higher plant development in the valley and in areas treated with high amounts of liquid manure, respectively, and the colonization of the rhizosphere by microorganisms could be observed: the populations of *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* spp. were increased, whereas the colonization with *Streptomyces* spp. and fungi of the genera *Fusarium*, *Penicillium* and *Mucor* were decreased.

Key-words: slope exposition, eutrophication, dry grassland, microbial activity, plant growth.

1. Einleitung

Trockenrasen sind anthropogen geprägte artenreiche Pflanzengesellschaften, die auf nährstoffarmen und ungedüngten Böden bei geringen Niederschlägen wachsen. Düngungsmaßnahmen können die Pflanzengesellschaften und mikrobiellen Prozesse im Boden verändern.

Auf den Trockenrasenflächen der Galower Berge am Odertalrand in der Nähe von Criewen (Deutschland, Bundesland Brandenburg) zeichnen sich nach wiederholter, unkontrollierter Gülleverwertung bis zum Frühjahr 1990 am Nord- und Südhang deutliche Eutrophierungsstreifen trichterförmig hangabwärts ab. Durch die wiederholte Ausbringung von Gülle wurde der Trockenrasen als wertvolles Artenreservoir z. T. völlig zerstört. Auf den stark begüllten Flächen entwickelten sich nur noch *Urtica dioica*, *Cirsium arvense*, *Festuca arundinacea* und *Galium aparine* (SCHALITZ et al. 1993).

Bodenmikrobiologische Prozesse wurden bisher vorwiegend bei intensiver Landnutzung in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen (z. B. Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung) untersucht (HÖFLICH et al. 1993). Von typischen Trockenrasenflächen liegen keine Ergebnisse vor.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde in den Galower Bergen mit Trok-

kenrasenvegetation der Einfluß einer unkontrollierten Gülleausbringung auf mikrobielle Faktoren im Rhizosphärenraum in Abhängigkeit von Geländeformen, veränderten Pflanzengesellschaften und bei Beachtung chemischer Bodenfaktoren untersucht. Dabei war es das Ziel, den Einfluß von Nord- und Südhang, Höhe und Tal, mit und ohne Gülleausbringung auf

- die potentielle Entwicklung pflanzlicher Biomassen mit Böden aus verschiedenen Bodentiefen bei Einbeziehung von Leguminosen und Nichtleguminosen,
- die Bodenatmung und die mikrobielle Biomasse im Boden und auf
- die Wechselbeziehungen zwischen mikrobiellen Aktivitäten, Mikroorganismengruppen und der Pflanzenentwicklung zu ermitteln.

2. Material und Methoden

Die Galower Berge bestehen bei einer Hangneigung von über 20° in den Oberhängen aus Geschiebemergel (lehmiger Sand, sandiger Lehm) und im Tal bevorzugt aus Mergelsand (HIEROLD, persönliche Mitteilung).

Im Frühjahr 1992 wurden vom Nord- und Südhang von der Höhe (ca. 3 m unterhalb der Kuppe) und aus dem Tal (ca. 3 m über der Talsohle) von Flächen mit und ohne Gülleausbringung aus einer Bodentiefe von 0 bis 15 und 15 bis 30 cm Bodenproben entnommen. Bei den Gülleflächen erfolgte die Probenentnahme an Stellen mit stark reduzierten Pflanzengesellschaften (*Urtica dioica*, *Cirsium arvense*, *Festuca arundinacea* und *Galium aparine*).

Die Bodenproben wurden auf < 2 mm abgeseibt und hinsichtlich ihres Gehaltes an Gesamtkohlenstoff (C_t, elementaranalytisch), Gesamtstickstoff (N_t, nach Kjeldahl), laktatlöslichem Phosphor (Molybdänblaumethode), laktatlöslichem Kalium (flammenphotometrisch), calciumchloridextrahierbarem Mg (atomabsorptionsspektrometrisch) untersucht. Der pH-Wert wurde im KCl-Extrakt gemessen.

In Parallelproben erfolgte die Untersuchung der Bodenatmung – ein Merkmal der aktuellen biologischen Aktivität – (GREILICH et al. 1978) und der mikrobiellen Biomasse (DMSO-Reduktionsmethode in Anlehnung an ALEF 1991), die Ermittlung der Bakterienzahlen (quantitativ und qualitativ auf Glycerin-Pep-ton-Agar nach HIRTE 1961, 1969 a, 1969 b) und der Pilzzahlen auf Biomalzagar.

Gleichzeitig wurden mit den Böden Gefäßversuche mit Weizen (Sorte Orestis) und Erbsen (Sorte Grapis) (acht Wiederholungen) im Gewächshaus angesetzt. Die Entwicklung der pflanzlichen Biomasse wurde auf der Basis von Sproß- und Wurzeltrockenmassen nach vier bis fünf Wochen eingeschätzt. Außerdem erfolgte die Untersuchung der Bakterien- und Pilzpopulation in der Rhizosphäre (von den Wurzeln wurde der Boden abgeschüttelt) an zwei und fünf Wochen alten Pflanzen. Die Versuchsergebnisse wurden nach dem t-Test bei LSD 5 % statistisch verrechnet.

3. Ergebnisse

3.1 Chemische Bodenanalyse

Am Südhang erfolgte in der Höhe und im Tal mit und ohne Gülleausbringung eine stärkere Anreicherung organischer C- und N-Verbindungen im Boden als am Nordhang (Tab. 1). Die Ergebnisse korrelieren mit höheren Trockenmasseerträgen infolge intensiverer Sonneneinstrahlung am Südhang (SCHALITZ et al. 1993). Der höhere Anteil an organischer Bodensubstanz spiegelte sich auch in

Tabelle 1

Einfluß der Gülleausbringung auf chemische Bodenmerkmale in zwei Bodenschichten unterschiedlicher Hangexposition (mg je kg Boden)

Boden- merkmal	Gülle- ausbringung	Nordhang				Südhang			
		Hanghöhe		Hangtal		Hanghöhe		Hangtal	
		0-15 cm	15-30 cm						
C _t	-	21.500,0	15.830,0	18.300,0	10.100,0	23.700,0	18.600,0	26.800,0	19.100,0
	+	21.530,0	15.200,0	16.400,0	9.100,0	25.100,0	15.800,0	22.800,0	14.900,0
N _t	-	950,0	460,0	1.560,0	880,0	1.710,0	1.040,0	1.680,0	990,0
	+	1.530,0	770,0	1.880,0	920,0	1.850,0	960,0	2.010,0	1.220,0
P	-	3,8	0,7	9,0	10,4	12,8	4,9	43,7	16,0
	+	49,3	16,0	20,1	14,6	131,0	86,0	135,0	80,0
K	-	80,0	30,0	29,0	20,0	79,0	41,0	170,0	98,0
	+	360,0	204,0	348,0	157,0	350,0	367,0	274,0	199,0
Mg	-	63,0	51,0	192,0	113,0	73,0	44,0	104,0	60,0
	+	105,0	59,0	97,0	121,0	128,0	99,0	153,0	110,0
pH-Wert	-	7,6	7,8	7,0	7,2	7,6	7,8	7,4	7,4
	+	7,1	7,5	4,6	5,4	7,6	7,7	7,4	7,6

höheren Phosphatgehalten wider. Bei den Nährstoffen Kalium und Magnesium waren die Unterschiede zwischen Nord- und Südhang nicht so ausgeprägt. Infolge geringer Niederschläge in den vorhergehenden zehn Jahren (< 500 mm) kam es nicht zu einer erhöhten Nährstoffanreicherung im Tal. In den tieferen Bodenschichten (15 bis 30 cm) war der Gehalt an organischen Substanzen und Nährstoffen in allen Varianten niedriger als in der oberen Bodenschicht (0 bis 15 cm). Die pH-Werte lagen meist im Neutralbereich. Niedrigere pH-Werte nach Gülleausbringung im Tal des Nordhanges korrelieren mit den relativ geringen Kohlenstoffgehalten.

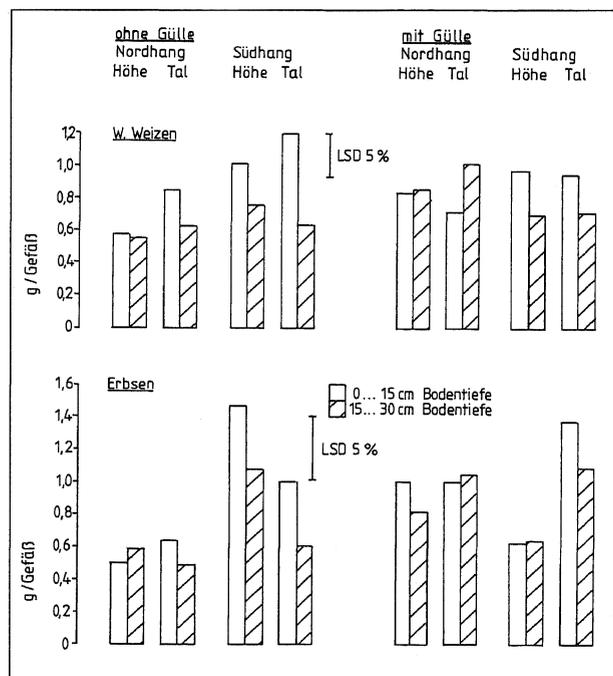
Die wiederholte unkontrollierte Ausbringung hoher Güllemengen führte zu einer Anreicherung von N, P, K und Mg im Boden. Organische Kohlenstoffverbindungen wurden nach Gülleausbringung in Verbindung mit dem reichlichen Angebot an mineralischem Stickstoff beschleunigt abgebaut.

3.2 Entwicklung pflanzlicher Biomassen

Ein Vergleich der Entwicklung von Gräsern (Weizen) und Leguminosen (Erbsen) auf unbegühten Böden von Trockenrasenflächen mit unterschiedlichen Geländeformen läßt keine generelle Entwicklungsbegünstigung einer dieser Fruchtarten erkennen (Abb. 1). Am Südhang waren im Boden mehr umsetzbare organische Pflanzenrückstände als am Nordhang angereichert. Das führte zur Entwicklung größerer pflanzlicher Biomassen in den Gefäßversuchen und – in Kombination mit intensiverer Sonneneinstrahlung – am Standort (Abb. 1, SCHALITZ et al. 1993).

In Proben vom Unterboden (15 bis 30 cm) war die Entwicklung beider Fruchtarten – insbesondere auf der unbegühten Fläche – in der Regel schlechter als in der Krume (0 bis 15 cm). Die Differenzen zum Unterboden waren am

Abb. 1: Einfluß der Hangexposition und Gölledüngung auf die Entwicklung von W.-Weizen und Erbsen in Böden aus unterschiedlichen Bodentiefen (Sproß- und Wurzeltrockenmasse) (Gefäßversuch, fünf Wochen)



Nordhang meist geringer als am Südhang. Nach Gülleausbringung kam es zu einer Nährstoffauswaschung in tiefere Bodenschichten. Die Böden aus dem Unterboden – speziell vom Nordhang – ermöglichten folglich nach Gülleausbringung eine ähnliche Pflanzenentwicklung wie Krumböden. Insgesamt war die Nährstoffwirkung der Gülle am Nordhang größer als am Südhang. Durch Gülle wurden somit die Unterschiede zwischen den Hängen und den Tiefen reduziert.

3.3 Bodenatmung und mikrobielle Biomasse

Ohne Gülle waren am Südhang – übereinstimmend mit höheren Kohlenstoffgehalten und Pflanzenerträgen – auch die Bodenatmung als Ausdruck mikrobieller Aktivitäten im Boden und die mikrobiellen Biomassen höher als am Nordhang (Abb. 2, 3).

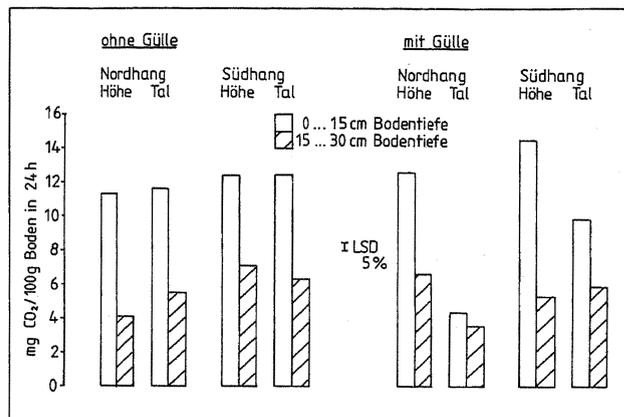


Abb. 2: Einfluß der Hangexposition und Gölledüngung auf die Bodenatmung in Proben aus unterschiedlichen Bodentiefen (Laborversuche)

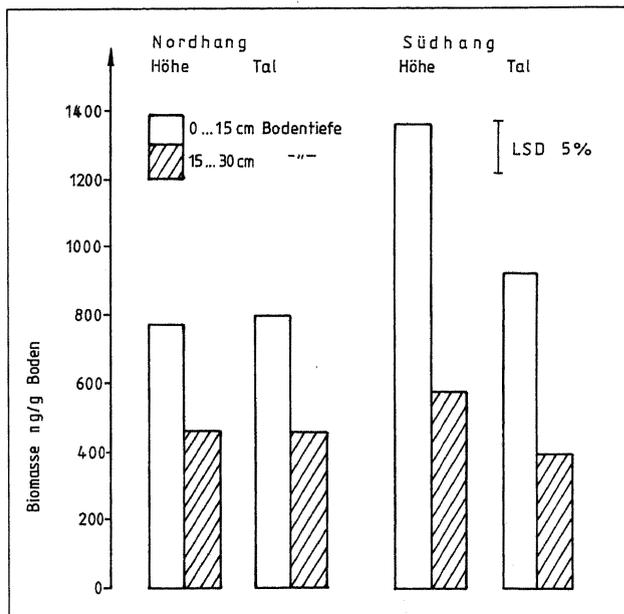


Abb. 3: Einfluß der Hangexposition ohne Gülle auf die mikrobielle Biomasse in Bodenproben aus unterschiedlichen Bodentiefen

Durch Gülle wurde die Atmung bei beiden Hangrichtungen in der Höhe gefördert und im Tal reduziert. Auch hier zeichnen sich Wechselbeziehungen zum Kohlenstoffgehalt ab.

In den tieferen Bodenschichten gingen in allen Varianten die Bodenatmung und Biomassen übereinstimmend mit den Nährstoffgehalten zurück.

3.4 Wechselbeziehungen zwischen mikrobiellen Aktivitäten, Mikroorganismengruppen und der Pflanzenentwicklung

3.4.1 Einfluß der Hangdeposition und Gülleausbringung

Im Ausgangsboden waren am Südhang in Übereinstimmung mit höherer Biomasse, Bodenatmung und Pflanzenentwicklung auch die Bakterien- und Pilzzahlen im Vergleich zum Nordhang erhöht (Abb. 1–4). *Streptomyces* spp. und *Pseudomonas* spp. nahmen in den Trockenrasenböden einen relativ hohen Anteil an den ermittelten Bakterienzahlen ein (z. T. über 40 % der Bakterienzahlen) (Abb. 4). *Bacillus* spp. und *Azotobacter* spp. waren dagegen nur schwach vertreten. Bei den Pilzen rangierten die *Penicillium* spp. vor *Fusarium* spp. Ihnen folgten mit Abstand *Verticillium* spp. und *Mucor* spp.

In der Rhizosphäre von Weizen und Erbsen (zwei Wochen nach der Aussaat) vermehrten sich im Vergleich zum Ausgangsboden insbesondere *Pseudomonas* spp. und *Fusarium* spp. Bei den anderen Mikroorganismengruppen war der Rhizosphärenereffekt geringer.

Bei Nordhangböden waren in der Rhizosphäre *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. und *Azotobacter* spp. im Vergleich zu Südhangböden reduziert, *Streptomyces* und Pilzspezies nahmen dagegen zu. Eine relativ hohe Nodulation bei Erbsen (über 40 Knöllchen je Pflanze) – am Südhang höher als am Nordhang – (Tab. 2) zeigt, daß *Rhizobium leguminosarum*-Bakterien auch in Trockenrasen ohne gezielten Erbsenanbau überleben können (Tab. 2).

Abb. 4: Einfluß der Hangexposition auf die Entwicklung von Bakterien- und Pilzgattungen im Boden und im Rhizosphärenraum in Gefäßversuchen (Südhang, Höhe 0 ... 15 cm Bodentiefe Absolutwerte = 100, Nordhang relativ)

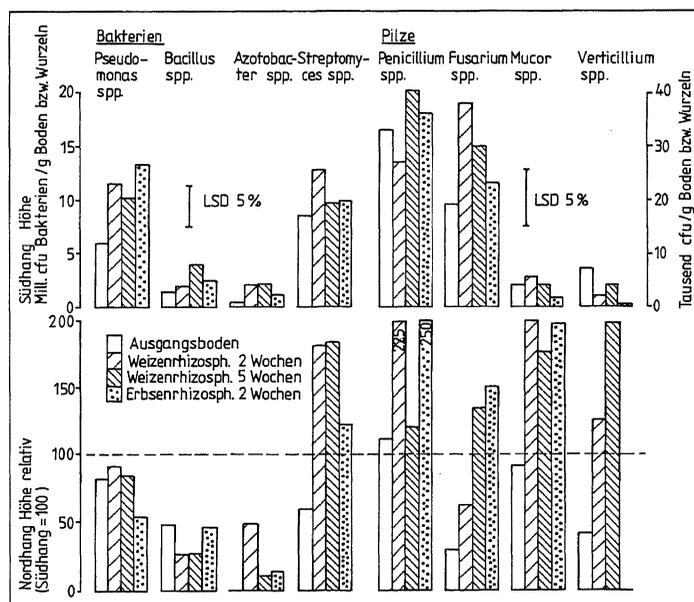


Tabelle 2

*Relativer Einfluß von Hangdeposition und Eutrophierung durch Gülle auf die Pflanzentrockenmasse, Bodenatmung, mikrobielle Biomasse, Nodulation und auf ausgewählte Bakterien- und Pilzgattungen
(zusammenfassende Übersicht der Relativwerte)*

	Trockenmasse		Atmung	Biomasse	Nodulation	Rhizosphärenmikroorganismen nach 14 Tagen													
	WW	E				Pseudom.		Bacillus		Streptom.		Penicillium		Fusarium		Mucor		Verticillium	
						WW	E	WW	E	WW	E	WW	E	WW	E	WW	E	WW	E
Bezug: Südhang Höhe=100 % Nordhang Höhe (ohne Gülle, 0-15 cm)	56+	34+	90+	58+	56+	91	53	24	46	180	120	225	252	62	150	207	195	127	0
Bezug: Nordhang Höhe ohne Gülle=100 % Tal Nordhang Bodenschicht: 0-15 cm	180+	112+	138	101	104	125	147	240	190	24	49	34	181	19	3	13	38	0	0
Bodenschicht: 15-30 cm	112+	83+	135	108	82	-	90	-	120	-	44	-	165	-	107	-	15	-	0
Bezug: Nordhang Höhe ohne Gülle=100 % mit Gülle Bodenschicht: 0-15 cm	142+	206+	112	205	260	145	140	440	136	9	26	16	3	116	80	125	26	79	100
Bodenschicht: 15-30 cm	153+	137+	161	113	118	-	182	-	360	-	78	-	9	-	248	-	72	-	36

+signifikant bei $\alpha=5\%$

WW Winterweizen

E Erbse

Nach Gülleausbringung waren insbesondere am Nordhang im Vergleich zu unbegüht in beiden Bodentiefen die N-, P- und K-Gehalte, Pflanzentrockenmassen, Bodenatmung, Nodulation, Bakterien- und Pilzzahlen erhöht (Abb. 1 bis 5, Tab. 2, 3). In der Rhizosphäre wurde die Entwicklung der *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. und *Fusarium* spp. begünstigt. *Streptomyces* spp. und *Penicillium* spp. waren reduziert. Am Südhang – mit höherer natürlicher mikrobieller Aktivität – wirkte sich die Gülle nicht so stimulierend auf mikrobielle Prozesse aus.

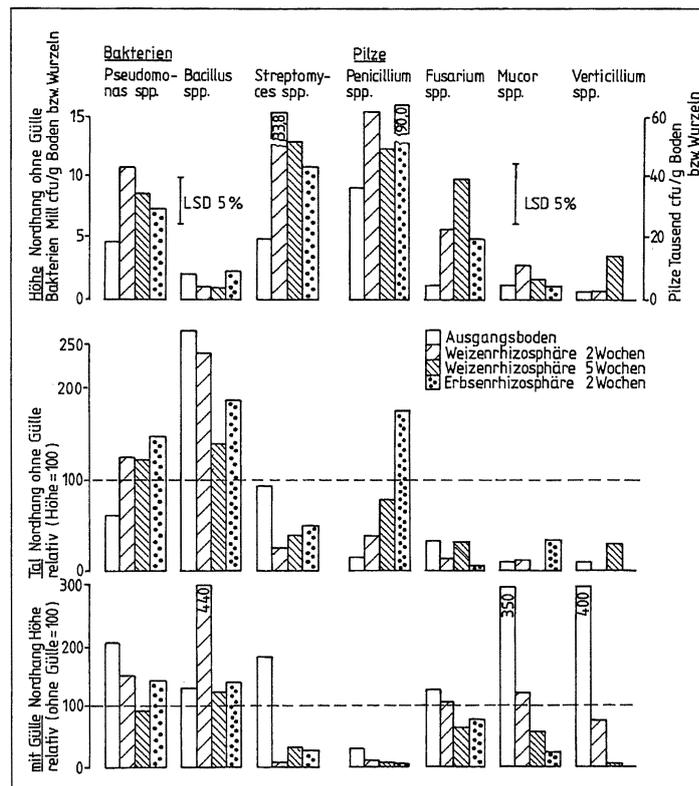
3.4.2 Vergleich von Höhe und Tal am Nordhang

Die Unterschiede zwischen Höhe und Tal waren am Nordhang größer als am Südhang. Die höheren Pflanzenerträge im Tal sind hier wahrscheinlich auf die höheren Stickstoffgehalte zurückzuführen. Sie korrelieren nicht mit höherer Bodenatmung (Abb. 2), mikrobieller Biomasse (Abb. 3) und höheren Bakterien- und Pilzzahlen (Abb. 5) im Ausgangsboden. In der Rhizosphäre waren die Pilze und *Streptomyces* spp. im Tal im Vergleich zur Höhe meist reduziert und die *Pseudomonas* spp. und *Bacillus* spp. stimuliert.

3.4.3 Einfluß der Bodentiefe

Die Entwicklung von Weizen und Erbsen war ohne Gülle insbesondere in Südhangproben in der Krume besser als im Unterboden. Durch Gülle wurden die Unterschiede vermindert bzw. aufgehoben. Bei der Bodenatmung wurden die Unterschiede zwischen Krume und Unterboden durch Gülle nicht reduziert.

Abb. 5: Einfluß von Tal und Höhe am Nordhang, ohne und mit Gülle auf die Entwicklung von Bakterien- und Pilzgattungen im Boden und im Rhizosphärenraum in Gefäßversuchen (0 ... 15 cm Bodentiefe) (Höhe ohne Gülle Absolutwerte = 100, Tal bzw. Gülledüngung relativ)



Die Bakterien- und Pilzzahlen des Ausgangsbodens waren im Unterboden ebenfalls niedriger. In der Rhizosphäre waren die Unterschiede zwischen Krume und Unterboden geringer.

4. Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen, daß wiederholte Gülleausbringung zu einer Anreicherung von Pflanzennährstoffen und erhöhter Pflanzenbiomasse führen kann. Da auch die mikrobiellen Aktivitäten und Umsetzungen im Boden gefördert werden, kommt es in Zonen mit erhöhter Güllebelastung – gekennzeichnet durch stark reduzierte Pflanzengesellschaften (*Urtica dioica*, *Cirsium arvense*, *Galium aparine*) – nicht zu einer Anreicherung organischer Substanzen im Boden. Bedingt durch die extrem hohen Nährstoffgehalte haben massenwüchsige Pflanzenarten einen Entwicklungsvorsprung vor den typischen Pflanzengesellschaften des Trockenrasens.

Die Ergebnisse zeigen, daß mikrobielle Aktivitäten in Wechselbeziehung zur Entwicklung von Pflanzenbiomassen – mit und ohne Gülleausbringung – in hohem Maße von der Hangexposition und der damit verbundenen veränderten Sonnenstrahlenintensität beeinflusst werden. Eutrophierungsmaßnahmen in hängigem Gelände müssen folglich in Abhängigkeit von der Hangrichtung differenziert beurteilt werden.

Zur Bedeutung der speziellen Mikroorganismenpopulationen in den einzelnen Varianten sind weitere Untersuchungen notwendig. Die positiven Wechselbeziehungen zwischen verbesserter Pflanzenentwicklung und einer Anreicherung von *Pseudomonas* spp. bzw. *Bacillus* spp. lassen sich nur zum Teil dadurch erklären, daß in diesen Gattungen wiederholt Isolate mit pflanzenwachstumsstimulierenden Wirkungen infolge Erschließung von Pflanzennährstoffen, Schutz vor Pathogenen, Bildung von Phytohormonen u. a. nachgewiesen wurden (KREBS 1985, ZASPEL 1988, BOCHOW 1989, HÖFLICH 1992 u. a.). Für die verminderte Pflanzenentwicklung in Verbindung mit einer Anreicherung von *Fusarium* spp. oder *Streptomyces* spp. können direkte Wurzelschäden oder die Freisetzung von Phytotoxinen verantwortlich sein. Auch hier stehen exakte Untersuchungen mit standortspezifischen Isolaten aus.

Literatur

- ALEF K., 1991: Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. Ecomed Landsberg/Lech.
- BOCHOW, H., 1989: Possibilities of protecting plant roots against phytopathogens by biological means (biological control). In: VANCURA, V., KUNC, H. (eds.), Interrelationships between microorganisms and plants in soil, 357–370. Proceedings of an International Symposium, Liblice, Czechoslovakia, June 22–27, 1987.
- GREILICH, J., U. FRANKO und E. M. KLIMANEK, 1978: Messung der CO₂-Produktion in Inkubationsgefäßen mit einem Ultrarot-Absorptionsmeßgerät in einem Gaskreislaufverfahren. Zbl. Bakt. II 133, 201–203.
- HIRTE, W. F., 1961: Glyzerin-Pepton-Agar, ein vorteilhafter Nährboden für bodenbiologische Arbeiten. Zbl. Bakt. II 114, 141–146.
- HIRTE, W. F., 1969a: Die Anwendung der Verdünnungsplattenmethode zur Erfassung der Bodenmikroflora. 2. Mitt.: Der qualitative Nachweis der Bakterien und Aktinomyzeten. Zbl. Bakt. II 123, 167–178.
- HIRTE, W. F., 1969b: Die Anwendung der Verdünnungsplattenmethode zur Erfassung der Bodenmikroflora. 3. Mitt.: Die Hauptgruppen der heterotrophen Bodenbakterien und ihre systematische Einordnung. Zbl. Bakt. II 123, 403–412.
- HÖFLICH, G., 1992: Interrelationships between phytoeffective *Pseudomonas* Bacteria and the Growth of Crops. Zentralbl. Microbiol. 147, 182–191.

- HÖFLICH, G., M. FRIELINGHAUS, R. ROTH, F. NOATSCH und B. BLANK, 1993: Effect of cultivation measures on microbial processes in the rhizosphere. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 37 (im Druck).
- KREBS, B., 1985: Untersuchung über verbesserte Bekämpfungsmöglichkeiten der Fusarium-Welke der Edelnelke (*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *dianthi* Prill. et Del. Snyd. et Hans.). Dissertation, A. Humboldt-Universität Berlin.
- SCHALITZ, G., T. KAISER, W. LEPNITZ und A. SCHRADER, 1993: Konzeption und erste Ergebnisse zur Renaturierung von Trockenrasen in Großschutzgebieten des Landes Brandenburg. ZALF-Bericht Nr. 5, 37-57.
- ZASPEL, I., 1988: Untersuchungen zur Wirksamkeit antagonistischer Bodenbakterien gegen *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) v. Arx et Oliver. Thesen zur Dissertation A., Müncheberg.

(Manuskript eingelangt am 16. März 1994, angenommen am 3. Mai 1994)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Gisela HÖFLICH und Dr. Peter LENTZSCH, Institut für Ökophysiologie der Primärproduktion im Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V. Müncheberg, Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg, Deutschland