7. JAHRGANG
HEFT 1
APRIL 1975

Faunistisch-floristische Notizen aus dem Saarland

HERAUSGEGEBEN
VON DER
ARBEITSGEMEINSCHAFT
FÜR TIER- UND PFLANZENGEOGRAPHISCHE HEIMATFORSCHUNG IM SAARLAND

Beobachtungen über Veränderungen des Pflanzenwuchses durch Bakterientätigkeit im Bereich von Methanausgasungen

von HELMUT KUNZ

Vor einigen Jahren berichteten BRAVERMANN, ETTINGER und JACOBS (1962) über das Absterben von Bäumen in der Umgebung undichter Gasleitungen in Brooklyn. Die genannten Autoren folgerten aus ihren Beobachtungen, daß solche Schädigungen dort auftreten, wo die Pflanzenwurzeln mit Methan in Berührung kommen. Da jedoch Methan als unschädlich gegenüber Pflanzen gilt, führten BRAVERMANN und Mitarbeiter das Absterben der Bäume auf eine Verdrängung der Bodenluft bzw. den hierdurch bedingten Sauerstoffmangel, auf Austrocknung des Bodens sowie Veränderungen der Bakterientätigkeit zurück. Nähere Angaben über die Art der Bakterien oder deren Stoffwechsel wurden nicht gemacht.

Im Saarland konnten bereits 1953 ähnliche Erscheinungen beobachtet werden. Da ich glaube, daß meine Untersuchungen, die im Chemischen Hauptlaboratorium der Saarbergwerke AG. (Leiter Prof. Dr. SCHUHKNECHT) durchgeführt wurden, die Beobachtungen der oben genannten Autoren erweitern, soll an dieser Stelle darüber berichtet werden.

Das Saarkarbon zeichnet sich durch einen besonders hohen Gehalt an Methan aus. Ein Teil davon entweicht beim Anschlagen der Flöze in die Grubenbaue und wird durch die Wetterführung entfernt. An Stellen besonders starker Ausgasungen wird das Methan durch eigens dafür erstellte Leitungen abgesaugt. Hierdurch wird die Hauptmenge erfaßt. In früheren Jahren, als der Abbau noch in geringer Teufe vorgenommen wurde und als auch die Technik der Gasabsaugung noch in den Anfängen stand, konnten aber relativ geringe Mengen Methan durch die entstandenen Risse im Gestein nach oben entweichen und bis an die Erdoberfläche bzw. in die unmittelbar unter der Erdoberfläche liegenden lockeren Erdschichten gelangen.

Solche Stellen fanden sich in einigen eng begrenzten Räumen im Bereich von Grubensenkungen z.B. bei Ottenhausen, sowie im Bereich einer Verwerfung bei Neuweiler. Aus neuerer Zeit sind mir keine entsprechende Fälle mehr bekannt geworden.

Zum Nachweis des Methans in den oberflächlichen Erdschichten wurde die Erde mit einem Spaten aufgelockert und die zwischen den Erdschollen befindliche Luft mit Hilfe eines Schlauches in geeignete Gefäße z.B. in Wetterröhren gesaugt. Der Gasinhalt der Wetterröhren wurde anschließend in unserem Laboratorium mit Ultrarotschreibern analysiert. Hierbei konnten Methangehalte bis zu 49 Vol.% festgestellt werden. Gleichzeitig wurden außergewöhnlich hohe Kohlendioxidgehalte ermittelt. Dieser Befund ließ eine Oxydation des Methans in der Erde vermuten. Zum Nachweis wurden die methanhaltigen Erdproben weiter analysiert. Sie wurden in ein sorgfältig vor äußeren Temperatureinflüssen geschütztes Gefäß gebracht und anschließend abwechselnd reine Luft, ein Methan-Luftgemisch, ein Methan-Stickstoff-Gemisch, sowie ein Methan-Sauerstoff-Gemisch durchgeleitet. Die Temperaturänderung wurde mit Hilfe eines empfindlichen Thermometers gemessen.
Ergebnisse:

1. Beim Durchleiten von reiner Luft bzw. von Methan-Stickstoffgemischen wurde keine Temperaturerhöhung beobachtet.
2. Beim Durchleiten von Methan-Luftgemischen bzw. Methan-Sauerstoffgemischen trat Temperaturerhöhung ein (Abb. 1).

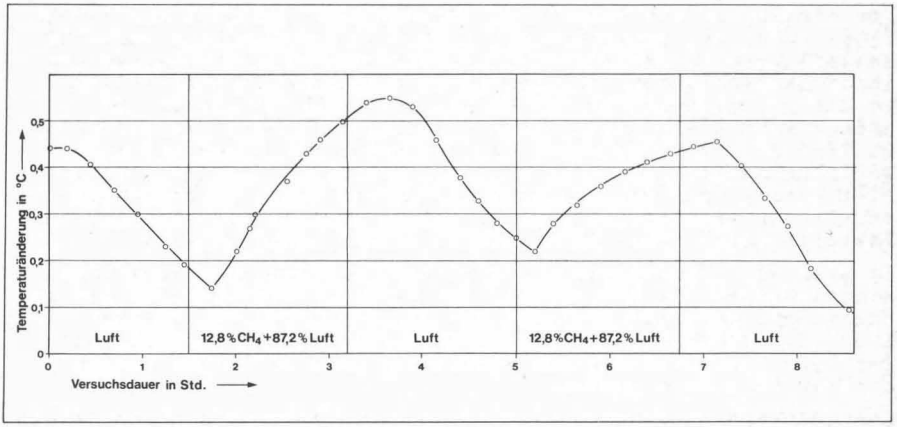

Abb. 1 Temperaturverlauf bei abwechselndem Durchleiten CH_4-freier und CH_4 enthaltender Luft durch eine Erdprobe aus dem Bereich einer Methanausgasung

Dabei stellte sich heraus, daß die Stärke der Temperaturerhöhung bis zu 32,2 Vol.% Methan zunahm, bei höherem Methangehalt aber wieder abnahm (Tab. 1).

Tabelle 1

Temperaturveränderungen beim Durchleiten von Methan-Luft-Gemischen verschiedener Konzentration durch eine Erdprobe aus dem Bereich einer Methanabgasung (Versuchsdauer 60 Minuten)

Versuch Nr.	Methangehalt der eingeleiteten Luft Vol%	Temperaturveränderung nach dem Versuch °C
1	5,3	+ 0,32
2	12,8	+ 0,56
3	32,2	+ 0,90
4	50,7	+ 0,55

Ähnliches wurde auch bei Anwendung von Methan-Sauerstoffgemischen festgestellt. Um den Vorgang näher kennenzulernen haben wir Erdproben aus dem Bereich der Methanausgasungen sowie Erdproben aus dem gleichen Gebiet, aber von Stellen, an welchen kein Methan in der Erde festgestellt wurde, entnommen und in verschlossenen Flaschen einige Tage mit einem Methan-Luftgemisch bekannter Zusammensetzung in Kontakt gebracht. Ein Teil der Erdproben wurde vor dem Versuch durch Erhitzen auf 105°C sterilisiert. Nach einer Standzeit von 72 Std. bei Zimmertemperatur wurde das Methan-Luftgemisch erneut untersucht. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse einer Versuchsreihe. Aus den Versuchen geht hervor, daß in dem mit Probe 1 versehenen nicht sterilisierten Gefäß (Versuch 1) ein Methanschwund um 0,6 Vol% eintrat wobei sich der Kohlendioxidgehalt um 0,7 Vol% erhöhte. Diese Verschiebung der Gaszusammensetzung entspricht der Oxydationsgleichung des Methans: $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$. In der sterilisierten Parallelprobe blieb hingegen der Methangehalt des eingesetzten Gasgemisches (1,85 Vol%) unverändert bestehen. In der außerhalb der Methanausgasung entnommenen Probe konnte hingegen nur ein geringfügiges Absinken des Methangehaltes beobachtet werden. Dieser Befund kann als Beweis für die Anwesenheit methanoxydierender Bakterien in der Methan enthaltenden Erdprobe Nr. 1 angesehen werden. Ähnliche Untersuchungsmethoden werden übrigens auch bei der Prospektion Kohlenwasserstoff führender Erdschichten angewendet (VÖLZ und SCHWARTZ 1958 und 1962, SILVERMAN 1964).

Tabelle 2

Verhalten von Erdproben gegenüber einem Methan-Luftgemisch (1,85 Vol% CH_4 enthaltend)
Nachweis methanoxydierender Bakterien im Bereich einer Methanausgasung bei Ottenhausen/Saar

Probe Nr.	Versuch Nr.	Probenbezeichnung	Versuchsbedingungen	Gaszusammensetzung nach Beendigung des Versuchs		
				CH_4 (Vol%)	CO_2 (Vol%)	O_2 (Vol%)
1	1	Erdprobe von einer Wiese im Bereich einer Methanausgasung b.Ottenhausen	72 Std. Standzeit bei 20°C	1,25	1,02	18,6
	2	wie Probe Nr. 1	60min bei 105°C sterilisiert, dann 72 Std. Standzeit bei 20°C	1,85	0,32	19,7
2	3	Erdprobe von der gleichen Wiese wie Probe Nr. 1 aber außerhalb der Methanausgasung entnommen	72 Std. Standzeit bei 20°C	1,80	0,24	19,7
	4	wie Probe Nr. 2	60 min bei 105°C sterilisiert, dann 72 Std. Standzeit bei 20°C	1,85	0,24	19,5

Methan oxydierende Bakterien sind schon seit langem bekannt (KASERER 1905, SÖHNGEN 1906). In den Saargruben wurden sie erstmalig von SCHUHKNECHT und SCHINKEL (1958) nachgewiesen. In dem von uns untersuchten, unter Methanabgasung stehenden Gebiet hatte der Boden, der an dieser Stelle aus diluvialem Lehm bestand, seine Krümelstruktur verloren. Die Erde war stark verhärtet und bildete beim Zerbrechen grobe, scharfkantige Stücke, der Geruch war muffig und pilzartig. In den Hohlräumen fanden sich ein roter dazwischen auch ein weißlicher Belag. Die mikroskopische Untersuchung ergab ziemlich große Bakterien, wahrscheinlich handelte es sich um Methanomonas methanica. In etwa 20 cm Tiefe war der Boden deutlich erwärmt. Die chemische Analyse ergab eine starke Anreicherung an organischen Substanzen. Besonders hoch war der Stickstoffgehalt (Tab. 3).

Tabelle 3

Gehalt an organischer Substanz in Erdproben

Probe Nr.	Ort der Probenahme	Anteil an organischer Substanz Gew. %	Stickstoffgehalt der Probe Gew. % N
3	Erde aus dem Bereich einer Methanausgasung bei Ottenhausen/Saar	12,1	0,50
4	Erde außerhalb der Methanausgasung der Probe 3 (26 m von Probe 3 entfernt entnommen)	3,0	0,06

Von besonderem Interesse erschien die Frage, ob durch das in der Erde befindliche Methan das Wachstum höherer Pflanzen beeinflußt wurde. Das Gebiet, in welchem wir unsere Beobachtungen durchführen konnten, war Gartenland. Daher beziehen sich unsere Beobachtungen auf Nutzpflanzen. Folgende Wachstumsveränderungen konnten festgestellt werden:

1. Zwergwuchs. Die davon betroffenen Pflanzen waren vollständig ausgebildet aber in der Größe zurückgeblieben. In diesem Zustand wurden einige Gemüsearten wie Kohl und Möhren angetroffen. Die Wachstumshemmungen können m.E. auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden:

a) Die durch die Tätigkeit der Bakterien bedingte Oxydation des Methans führt zu einer Erhöhung des Kohlendioxidgehalts und Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Bodenluft. Durch den Sauerstoffmangel wird die Tätigkeit der aeroben Mikroorganismen gehemmt. Anaerobier hingegen werden zu erhöhter Aktivität angeregt. Die hierbei entstehenden Stoffwechselprodukte wirken schädigend auf die Pflanzenwurzeln (MENGEL 1972).

b) Durch die bakteriell bedingte Methanoxydation findet eine Erwärmung des Bodens statt, die zu einer erhöhten Austrocknung des Bodens führt, die ihrerseits das Pflanzenwachstum hemmt.

2. Mißbildungen. Bei Weißkohl und Rotkohl fanden sich bei mehreren Exemplaren anstelle des typisch geschlossenen Kopfes mehrere kleine Rosetten. Diese Veränderung tritt ein, wenn der an der Spitze des Stengels befindliche Vegetationspunkt abstirbt und mehrere am Stengel befindliche Zellen die Rolle des Vegetationspunktes übernehmen. Bei Kohlrabi fanden wir schwach ausgebildete Exemplare, deren Knollen in einzelne Teile zerspalten waren. Auch diese Schädigungen deuten auf zeitweiligen Wachstumsstillstand hin.

3. Vergilben von Blättern. Im Herbst gesäter Winterroggen wies Anfang November vergilbte Blattspitzen auf.

4. Keimungsverzug. Möhren und Bohnen, die im Frühjahr gesät worden waren, keimten erst im Herbst. Der Keimungsverzug war vermutlich durch die Erwärmung des Bodens verursacht, die verstärktes Austrocknen bewirkte. Erst die herbstliche stärkere Abkühlung des Bodens führte dazu, daß die Wärmeproduktion der Methanbakterien nicht mehr ausreichte, um die Niederschläge zu verdunsten.

5. Absterben von Sträuchern und Bäumen. Eine Anzahl Sträucher (z.B. Johannisbeeren und Liguster) sowie Obstbäume waren abgestorben. Es handelte sich hier um tiefwurzelnde Pflanzen. Flachwurzler (wie z.B. Gräser) waren nur an wenigen Stellen abgestorben. Das Absterben der Bäume und Sträucher ist m.E. auf verschiedene Einflüsse zurückzuführen wie die Verdrängung der Bodenluft durch Methan, die Erhöhung des Kohlendioxidgehaltes der Bodenluft als Folge der bakteriell bedingten Oxydation des Methans, die Erwärmung und Austrocknung des Bodens, die Veränderung der Krümelstruktur des Bodens, insbesondere die Verhärtung sowie die Veränderung der normalen Mikroflora eines gesunden Bodens.

Zusammenfassung

Im Bereich des Saarkarbons finden sich gelegentlich Ausgasungen von Methan, die bis in die oberflächlichen Bodenschichten gelangen. Es konnte nachgewiesen werden, daß dort eine Oxydation des Methans unter Bildung von Kohlendioxid stattfindet und daß diese Reaktion durch Methan oxydierende Bakterien bewirkt wird. Hierdurch finden Veränderungen der Bodenluft und des Bodens statt und zwar:

1. Verdrängung der Bodenluft durch Methan,
2. Erhöhung des Kohlendioxidgehaltes der Bodenluft,
3. Erwärmung des Bodens,
4. Austrocknung des Bodens,
5. Verhärtung des Bodens, wobei die Krümelstruktur verloren geht.

Diese Vorgänge können Schädigungen an Nutzpflanzen verursachen, wie Keimungsverzug, Zwergwuchs, Verlust des Vegetationspunktes und hierdurch bedingte Mißbildungen, Vergilben von Blättern und sogar zum Absterben von Bäumen und Sträuchern führen.

Literaturverzeichnis

BRAVERMANN, M.M., ETTINGER, I. of
und JACOBS, M.B. (1962) : Determing/the cause of death of vegetation by analysis of soil gases.
Gas Age 129, (9) : 23-26.

KASERER, H. (1906) : Über die Oxydation des Wasserstoffs und des Methans durch Microorganismen.
Centr.Bakt.Parasitenk. (2) 15 : 573-576.

MENGEL, K. (1972) : Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze.
4. Aufl. Stuttgart.

SCHUHKNECHT, W. und
SCHINKEL, H. (1957) : Verunreinigte Wetterprobenrohre als Fehlerquelle bei der Untersuchung von Grubenwettern.
Glückauf 1172-73.

SILVERMAN, M.P. (1964) : Methane-Oxidizing bacteria, a review of the literature.
(Washington) U.S.Dept. of the Interior, Bureau of the mines, Information circular 8246 : 1-37.

SÖHNGEN, N.L. (1906) : Über Bakterien, welche Methan als Kohlenstoffnahrung und Energiequelle gebrauchen.
Centralblatt f. Bakt. etc. II. Abt. 15 (17/18) : 513-517.

VÖLZ, H. und
SCHWARTZ, W. (1962) : Über die regionale Verteilung kohlenwasseroxydierender Bakterien in verschiedenen Böden.
Erdöl u. Kohle, Erdgas-Petrochemie 15 : 426 - 29.

VÖLZ, H. und
SCHWARTZ, W. (1958) : Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der geomicrobiologischen Prospektion.
Erdöl u. Kohle 11 : 69-72.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Helmut KUNZ, 66 Saarbrücken, Abt. Biogeographie,
Universität des Saarlandes

Schriftleitung: Prof. Dr. PAUL MÜLLER, 66 Saarbrücken 11,
Biogeograph. Abtlg. der Universität des Saarlandes.
Verlag: Saarbrücker Zeitung Verlag und Druckerei GmbH,
Gutenbergstraße 11-23. Alle Rechte vorbehalten.
Preis : 1.-DM
Mitgliedsbeiträge können auf das Konto Nr. 2550 bei
der Kreissparkasse Saarbrücken eingezahlt werden.