

systems als Indikator für eine Schadenssprache gewertet. Die bei der Buche erkennbaren allmählichen Absterbeerscheinungen können nur durch die langfristige Einwirkung chronische Schädigungen verursachender Streßfaktoren plausibel erklärt werden. Ein anhaltender Schadstoffeintrag mit Akkumulationseffekten und zunehmender Versauerung im Boden scheint den Ursachenkomplex darzustellen.

### Übergreifende Ursachenhypothesen

Starke Beachtung fand in der letzten Zeit die sogenannte „Epidemiehypothese“, die postuliert hat, daß die Ausbreitung pathogener Mikroorganismen oder Viren für die neuartigen Walderkrankungen verantwortlich sei. Jüngste Untersuchungsergebnisse aus diesem im Forst bislang vielleicht vernachlässigten Bereich lassen allerdings keine Anhaltspunkte für eine primäre Urheberchaft entsprechender Krankheitserreger erkennen. Auch das Wild kann nicht als Verursacher verantwortlich gemacht werden, da Wildschäden sich in der Regel auf Jungbäume beschränken und von anderen Schadbildern deutlich zu differenzieren sind. Wo in Gebieten mit großen Waldschäden allerdings die Verjüngung auch noch durch hohe Wildbestände gefährdet ist, ist eine Reduzierung der Wilddichte angeraten. Waldbauliche Fehler der Vergan-

genheit könnten höchstens im Einzelfall eine Rolle spielen, nicht aber die jetzigen Waldschäden in ihrem großflächigen Auftreten erklären. Schließlich können auch die Auswirkungen von radioaktiven Strahlen und von Flugzeugabgasen nach wissenschaftlicher Überprüfung als Ursache für die aufgetretenen Waldschäden ausgeschlossen werden.

Es besteht somit nach wie vor Übereinstimmung in der Bewertung dahingehend, daß Luftverunreinigungen und deren Depositionen maßgeblich für die neuartigen Waldschäden verantwortlich sind. Der Forschungsbeirat hat deshalb seine Empfehlungen zur weiteren Reduzierung anthropogener Luftschadstoffe wiederholt und unterstrichen. Es ist zu hoffen, daß mit der wachsenden Sorge um die Sicherheit kerntechnischer Anlagen und den Bemühungen um einen Ausstieg aus der Kernenergie die Forderungen nach weiterer Verminderung der Luftschadstoffe nicht in den Hintergrund gedrängt werden.

### Literatur

Autorenkollektiv, 1986: 2. Bericht des Forschungsbeirates Waldschäden/Luftverunreinigungen der Bundesregierung und der Länder, Literaturabteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe.  
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1986: Waldschadenserhebung 1986.

Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **39** (3), S. 35–39, 1987, ISSN 0027-7479.  
© Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, Münster  
Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart  
Staatliches Weinbauinstitut, Freiburg

## Untersuchungen zur Wirksamkeit der Kohlendioxidbegasung gegen Schermäuse (*Arvicola terrestris*)

Investigations on the efficacy of fumigation with carbon dioxide against water voles (*Arvicola terrestris*)

Von H. J. Pelz, H. Gemmeke, M. Fröschle und G. Schruft

### Zusammenfassung

In Feld- und Laborversuchen wurde die Eignung der Kohlendioxid-Begasung zur Bekämpfung der landlebenden Form der Schermaus (*Arvicola terrestris*) untersucht. Im Feldversuch mit sendermarkierten Schermäusen zeigte sich eine gute, den Erfahrungen mit Kohlenmonoxid vergleichbare Wirkung der Begasung. Im Laborversuch wirkte Kohlendioxid bei Konzentrationen > 60 Vol.-% CO<sub>2</sub> innerhalb von 1½ bis 5½ Minuten letal, wobei sich keine Hinweise auf Schmerzen oder Leiden der Tiere ergaben. Wegen verschiedener unerwünschter Nebenwirkungen der Kohlenmonoxidbegasung und aus Kostengründen erscheint der Einsatz von Kohlendioxid zur Schermausbekämpfung vorteilhafter.

### Summary

Suitability of fumigation with carbon dioxide to control the fossorial form of *Arvicola terrestris* was tested. In field trials with voles carrying radio-transmitters a good effect was found, comparable to results obtained earlier with carbon monoxide. In laboratory trials carbon dioxide had a lethal effect within 1½ to 5½ minutes at concentrations > 60 Vol. % CO<sub>2</sub>. No indications to pain or suffering of the test animals were recognized. On account of several undesirable side effects connected with the application of carbon monoxide and for cost-saving reasons the application of carbon dioxide is considered to be more advantageous to control *Arvicola terrestris*.

Schermäuse können durch Wurzelfraß erhebliche Schäden im Obst-, Wein- und Gartenbau sowie auf Grünlandflächen verursachen. Zur Bekämpfung werden bisher Fallenfang, Gift-

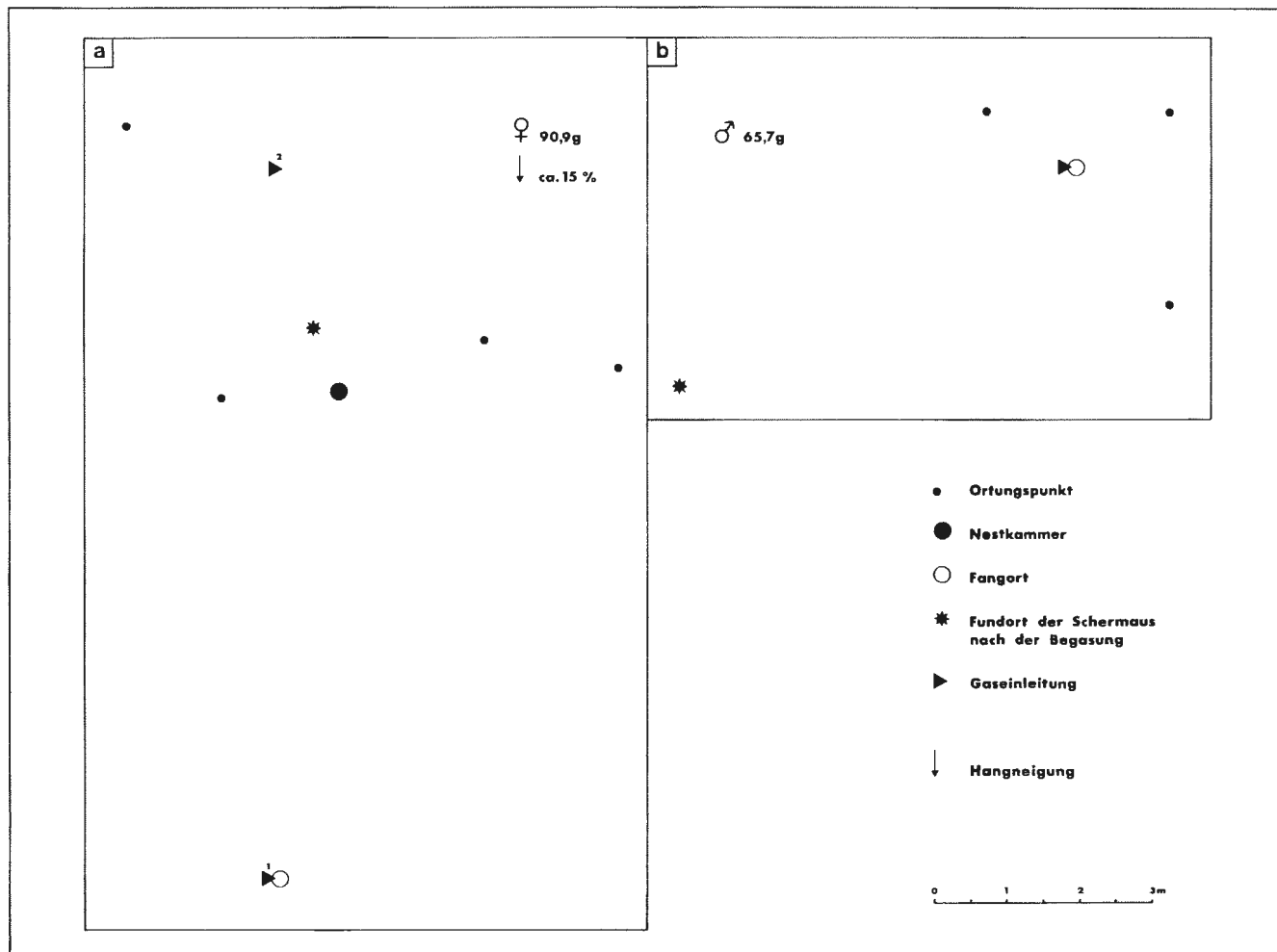


Abb. 1. Bekämpfungsversuche mit CO<sub>2</sub> auf Grünland.

köder, die Begasung mit Phosphorwasserstoff entwickelnden Präparaten sowie die Begasung mit Kohlenmonoxid aus Abgasen eingesetzt.

Mit Ausnahme der CO-Begasung sind die genannten Verfahren für großflächige Bekämpfungsmaßnahmen kaum praktikabel, da Arbeitskräfte für die aufwendige Ausbringung und die Kontrollen nicht finanziert werden können.

Die Wirksamkeit von CO-Begasungsgeräten konnte in den vergangenen Jahren im praktischen Einsatz bestätigt werden (GEMMEKE und PELZ 1984). Insbesondere Geräte mit Benzinmotoren, bei denen die Kohlenmonoxid-Anreicherung durch etwas fettere Vergasereinstellung erreicht wird, werden mittlerweile in größeren Stückzahlen produziert und verkauft.

Auf Grund ihrer Nebenwirkungen sind die CO-Begasungsverfahren jedoch nicht uneingeschränkt zu empfehlen. Ein Nachteil ist die relativ hohe Toxizität des CO. Bei Arbeiten in Mulden und Gräben bei Windstille kann eine Gefährdung des Anwenders nicht ausgeschlossen werden.

Bei den Geräten mit Benzinmotoren gelangen unverbrannte Rückstände des Benzin-Öl-Gemisches in den Boden. Bedenklich dabei ist vor allem der hohe Anteil an Kohlenwasserstoffen. Eine Anerkennung solcher Geräte durch die BBA erfolgt daher nur unter umfangreichen Auflagen (siehe „Hinweise zur Bekämpfung der landlebenden Schermaus (*Arvicola terrestris* SCHERMAN) mit Benzinmotorabgasen“ in diesem Heft).

Daraus ergibt sich eine erhebliche Einschränkung der Ein-

satzmöglichkeiten dieser Geräte. Bei dem von uns erprobten Begasungsverfahren mit Kohlendioxid bestehen derartige Probleme nicht, zudem läßt sich die Begasung mit CO<sub>2</sub> wesentlich kostengünstiger durchführen.

## I. Freilandversuche zur praktischen Bekämpfung

### Untersuchungsmethodik

Die lebend gefangenen Schermäuse wurden vor der Begasung mit kleinen Radiosendern versehen und wieder in ihr Gangsystem freigelassen. Auf diese Weise konnte der Aufenthaltsort der Tiere im Gangsystem jederzeit festgestellt werden, und nach der Begasung war ein schnelles Auffinden der Tiere möglich.

Zur Begasung mit Kohlendioxid wurden insgesamt 11 Freilandversuche durchgeführt, sieben davon auf Grünland, drei in Rebanlagen, einer in einer Obstanlage. Das CO<sub>2</sub>-Gas wurde aus einer Stahlflasche über einen Schlauch mit Druckminderer und Durchflußmesser in das Gangsystem eingeleitet. Die Einleitung erfolgte eine bis fünf Minuten lang mit 0,3 bis 1 bar. Bei 0,5 bar werden pro Minute ca. 28l CO<sub>2</sub> verbraucht. 1 kg CO<sub>2</sub> entspricht bei 20°C etwa 550 l und reicht bei einer Einleitungszeit von fünf Minuten somit für vier Begasungen aus. Allerdings muß beachtet werden, daß bei der Druckminderung des verflüssigten CO<sub>2</sub> Verdunstungskälte gebildet wird, die bei schneller Entnahme zur Vereisung führt. Als Faustregel gilt, daß sich 10% des Inhalts einer bei 20°C gelagerten CO<sub>2</sub>-Flasche pro Stunde entnehmen lassen. Bei

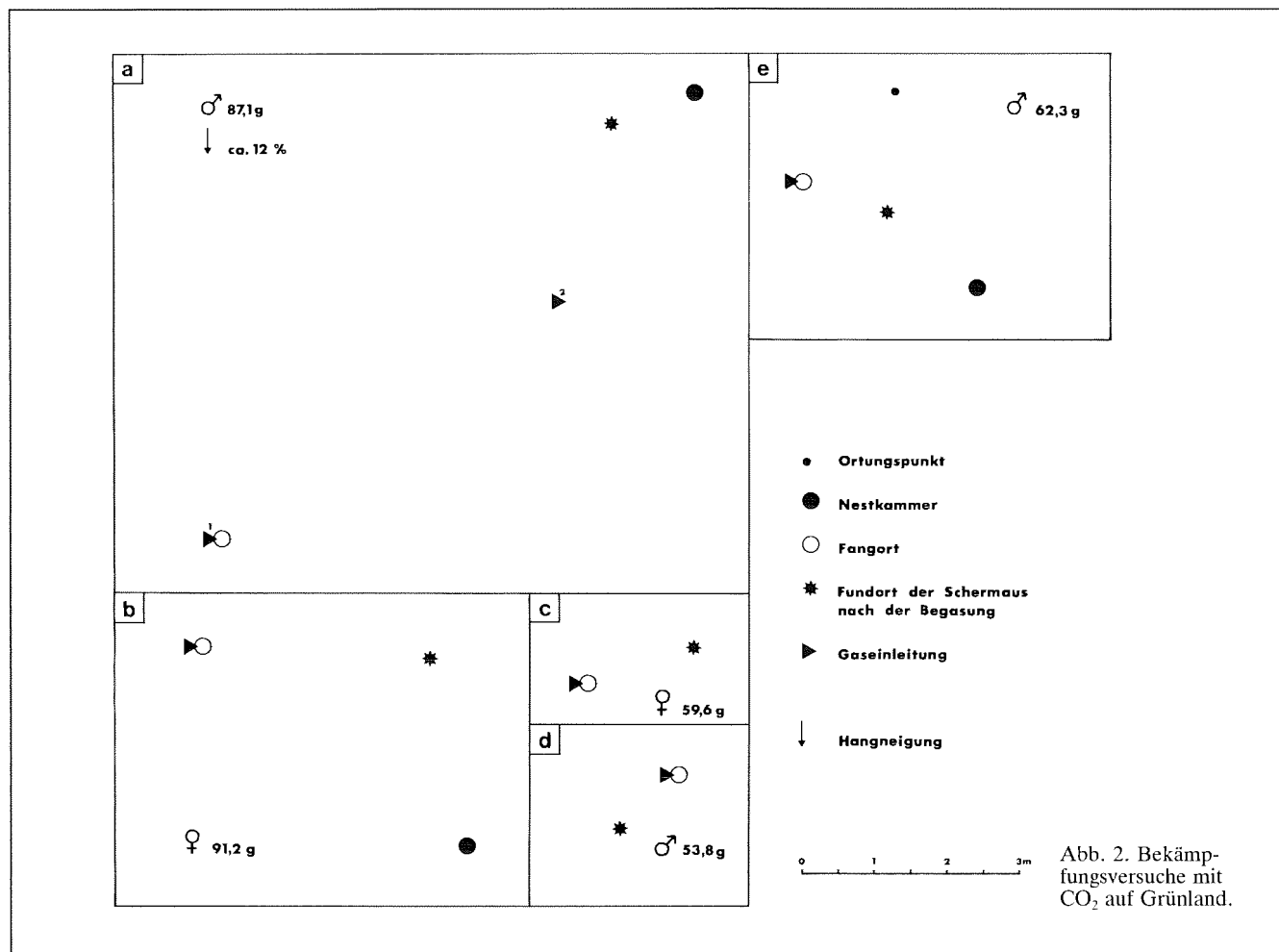


Abb. 2. Bekämpfungsversuche mit CO<sub>2</sub> auf Grünland.

Abkühlung der Gasflasche auf niedrigere Temperaturen wird die Entnahmemöglichkeit noch weiter eingeschränkt.

### Ergebnisse und Beurteilung

Bei acht der elf Versuche (fünf auf Grünland (Abb. 1 und 2), zwei in Rebanlagen (Abb. 3), einer in der Obstanlage (Abb.4)) wurden die Schermäuse innerhalb einer Behandlungszeit von fünf Minuten abgetötet. Bei drei Versuchen war eine weitere Gaseinleitung an anderer Stelle des Gangsystems erforderlich. Die schlechtere Wirksamkeit kann bei zwei dieser drei Versuche darauf zurückgeführt werden, daß die Bega-

sung „hangaufwärts“ erfolgte (Abb. 1a, 2, 2a). Der Aufenthaltsort der Schermäuse während der Begasung lag bei diesen beiden Versuchen sieben bzw. neun Meter von der Einleitungsstelle entfernt und mindestens einen Meter höher als diese. Da CO<sub>2</sub> schwerer als atmosphärische Luft ist, muß die Bekämpfung in Hanglagen von oben nach unten erfolgen. Geringere Niveauunterschiede bis ca. 30 cm beeinträchtigten den Bekämpfungserfolg bei unseren Versuchen nicht (Abb. 2a, 2c).

In einem Versuch (Rebanlage) (Abb. 3) ist die Ursache für die unzureichende Wirksamkeit unklar. Die Entfernung zwischen Einleitungsstelle und Aufenthaltsort der Schermäus

Tab. 1. Wirkung verschiedener CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf Schermäuse

Nr.	Geschl.	Gewicht (g)	CO <sub>2</sub> (Vol.-%)	Versuchsdauer (Min. Sek.)	Betäubung nach ... Sek.	Atemfrequenz <sup>1)</sup>					Erholung nach Versuchsende (Sek.)	
						0,2	1	2	3	4		5
1	♂	148	0,03	10.0	–	138					138	
2	♂	148	20	12.51	–	132	156				162	
3	♀	128	40	6.54	60	102	120				84	10
4	♀	128	50	5.10	65	132	114				66	60
5	♂	148	60	5.0	30	138	108				66	60
6	♂	129	60	3.30	50	144	126	42				– <sup>2)</sup>
7	♀	68	60	2.0	20		48					– <sup>2)</sup>
8	♂	148	70	5.30	20	138	84		36	12		– <sup>2)</sup>
9	♀	142	80	1.30	20	108	36					– <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Atemfrequenz = Atemzüge pro Minute, 0,2 bis 5 Minuten nach Versuchsbeginn

<sup>2)</sup> Letalwirkung

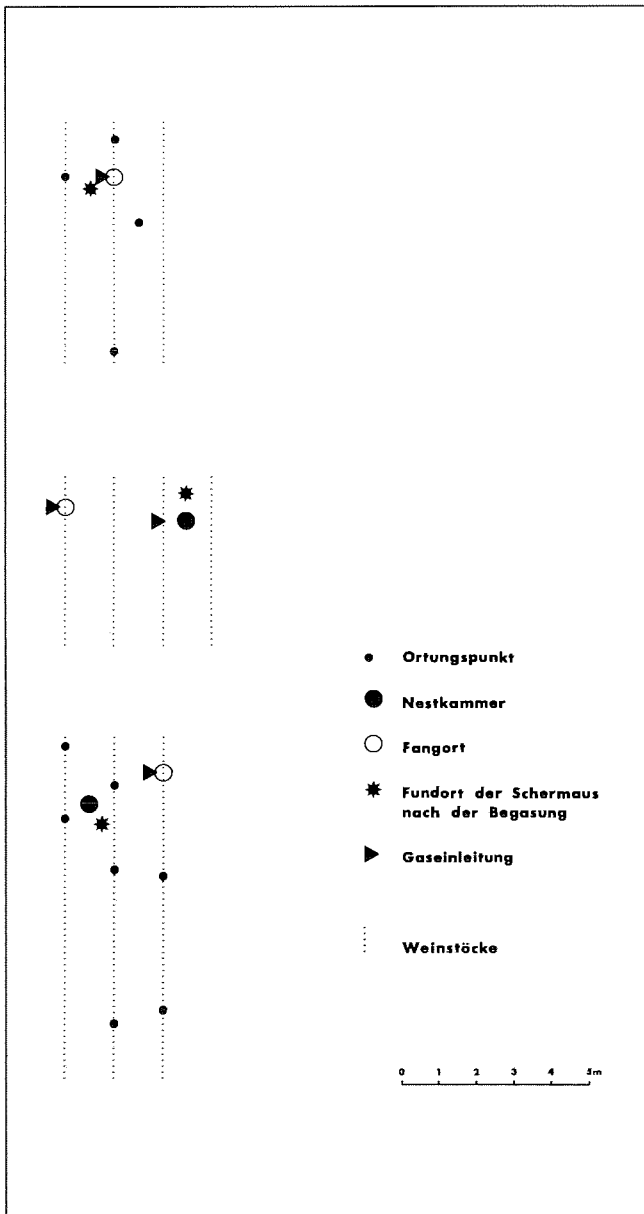


Abb. 3. Bekämpfungsversuche mit CO<sub>2</sub> in Rebanlagen.

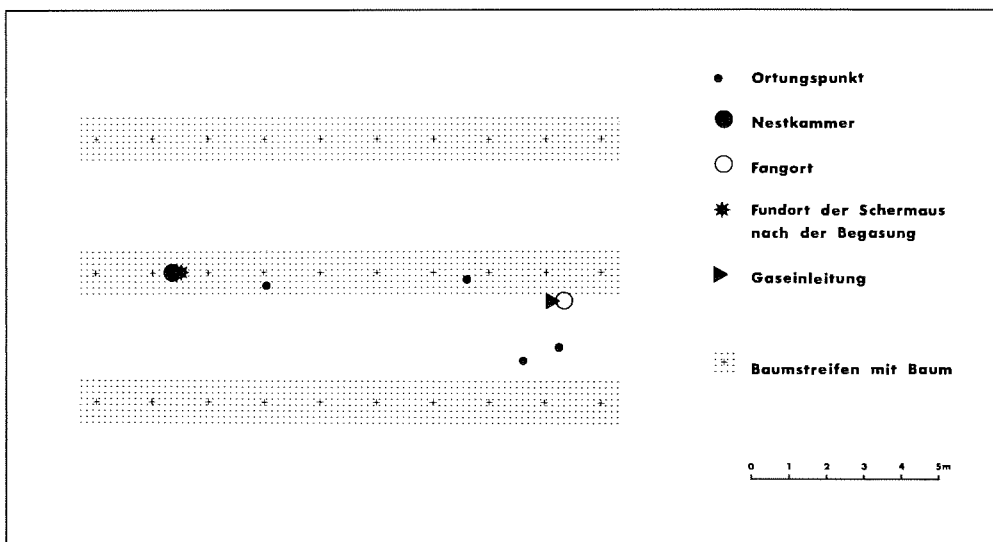


Abb. 4. Bekämpfungsversuch mit CO<sub>2</sub> in einer Obstanlage.

betrug hier 3,30 m, und es war auffallend, daß das Gangsystem sehr tief reichte (die Schermäuse wurden in 80 cm Tiefe ausgegraben). Möglicherweise reichte hier die eingeleitete Gasmenge nicht aus.

Gegenüber der Begasung mit Kohlenmonoxid hat der Einsatz von Kohlendioxid erhebliche Vorteile:

1. Eine Gefährdung des Anwenders kann ausgeschlossen werden.
2. Der technische Aufwand ist wesentlich geringer, da das Gas in handelsüblichen Flaschen aus dem Handel bezogen werden kann.
3. Eine Umweltbelastung durch Schadstoffe, wie bei den CO-anreichernden Begasungsgeräten mit Benzinmotoren, tritt nicht auf.
4. Die Kosten der Bekämpfung sind gering. Während der Anschaffungspreis eines Begasungsgerätes mit Benzinmotor bei 1500 bis 3000 DM liegt, sind beim Einsatz von Kohlendioxid die Kosten für Schlauch, Druckminderer und Durchflußmesser mit rund 200 DM zu veranschlagen. Die Kosten für den Gasverbrauch lagen bei unseren Versuchen bei 0,50 DM pro Begasung (Preis für 1 kg CO<sub>2</sub> ca. 2,00 DM).

Nachteilig ist, daß das CO<sub>2</sub>-Gas unsichtbar ist und daher seine Ausbreitung im Gangsystem optisch nicht verfolgt werden kann.

## II. Laborversuche zur Wirkung von CO<sub>2</sub> auf Schermäuse

Nachdem unsere Praxisversuche gezeigt hatten, daß Schermäuse mit CO<sub>2</sub> bekämpft werden können, war zu prüfen, ob das Verfahren den Anforderungen des Tierschutzes entspricht. In Schlachthöfen wird CO<sub>2</sub> zur Betäubung von Schweinen eingesetzt; allerdings ist das Verfahren im Hinblick auf eine tierschutzgerechte Abtötung umstritten.

Auf Tiere und Menschen wirkt die Einatmung von größeren CO<sub>2</sub>-Mengen schädlich, weil der benötigte Luftsauerstoff verdünnt wird. Im allgemeinen werden Säugetiere durch eine Luft, die 20 % CO<sub>2</sub> enthält, betäubt, 30 % wirken tödlich. Jedoch können Tiere in einer Atmosphäre von 65 % CO<sub>2</sub> stundenlang leben, wenn gleichzeitig für genügend Sauerstoffzufuhr gesorgt wird (NEUMÜLLER 1973). CO<sub>2</sub> als solches ist also kaum ernsthaft giftig. Auch im menschlichen Körper kreisen stets verhältnismäßig große CO<sub>2</sub>-Mengen (im venösen Blut 50–60 Vol.-%), von denen täglich über 700 g (mehr als

350 l) ausgeatmet werden. Der Mensch erträgt bis zu 2,5 % CO<sub>2</sub> auch bei stundenlanger Einatmung ohne Schädigung.

In der atmosphärischen Luft ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt gering (ca. 0,03 %). Die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Bodenluft liegt allerdings wesentlich höher, nach FRANZ (1975) in 15–60 cm Tiefe zwischen 0,25 % und 1,64 %, je nach Bodenart und Bewuchs.

### Methodik

Die Wirkung hoher CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf Schermäuse wurde im Labor beobachtet. In einem Plexiglastasten wurde die gewünschte CO<sub>2</sub>-Konzentration eingestellt. Ein Ventilator sorgte für eine gleichmäßige Durchmischung der Luft innerhalb des Kastens. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wurde aus dem gemessenen Sauerstoffanteil des Gasgemisches errechnet.

Durch Öffnen einer Schleuse wurde jeweils eine Schermaus der CO<sub>2</sub>-reichen Luft ausgesetzt und das Verhalten der Tiere beobachtet. Insgesamt wurden neun Versuche mit unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen durchgeführt (Tab. 1).

### Ergebnisse

Geringere CO<sub>2</sub>-Mengen üben einen starken Reiz auf das Atemzentrum aus, so daß die Atmung beschleunigt und vertieft wird (NEUMÜLLER 1973). Bei Konzentrationen ab 40 % CO<sub>2</sub> in der Atemluft war bei den Schermäusen jedoch bereits eine Verlangsamung der Atmung während des Versuches feststellbar, bei höheren Konzentrationen trat diese Wirkung schneller und intensiver ein. Ein leichter Betäubungseffekt war bei 40 % CO<sub>2</sub> nach einer Minute zu beobachten, CO<sub>2</sub>-

Konzentrationen ab 60 % wirkten innerhalb von 20 bis 65 Sekunden betäubend. Ab 60 % CO<sub>2</sub> trat der Tod innerhalb von maximal 5½ Minuten ein. Kurz vor dem Atemstillstand aus dem Versuch genommene Schermäuse erholten sich innerhalb von 60 Sekunden vollständig. Die Tiere verhielten sich während der Versuche ruhig, Anzeichen für Schmerzen oder Leiden waren nicht zu beobachten.

### Diskussion

Unsere orientierenden Versuche haben gezeigt, daß die Bekämpfung von Schermäusen mit CO<sub>2</sub> möglich ist. Über Entfernungen bis zu 10 m sind bei einer Einleitungszeit von 6 Minuten (bei 1 bar) unter Beachtung der Hangneigung gute Bekämpfungserfolge zu erwarten. Dies entspricht den Erfahrungen bei der CO-Begasung (GEMMEKE & PELZ 1984). Einschränkend muß allerdings gesagt werden, daß unsere Versuche, sowohl mit CO als auch mit CO<sub>2</sub>, überwiegend in tiefgründigem Lößboden durchgeführt wurden. In durchlässigeren Böden, etwa in Sandböden, wurde die Begasung bisher von uns nicht erprobt.

### Literatur

- FRANZ, H., 1975: Die Bodenfauna der Erde in biozönotischer Betrachtung – Wiesbaden: F. Steiner, T. 1, S. 3–4.  
 GEMMEKE, H., H.-J. PELZ, 1984: Versuche zur Bekämpfung der Schermaus (*Arvicola terrestris*) in Obstanlagen. – Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **36**, 129–131, 1984.  
 NEUMÜLLER, O.-A., 1973: Römppps Chemie-Lexikon. – 7. Aufl. Stuttgart, Franckh, S. 1804–1805.