

## Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der Einsatz von Kohlenmonoxid als Markierungsstoff zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit der ungesättigten Zone beschrieben. In den Sommern 1994 bis 1996 ist Kohlenmonoxid als Bodenlufttracer an drei verschiedenen Standorten, an denen leichtflüchtige Schadstoffe mit Hilfe von Bodenluftabsauganlagen aus dem Untergrund entfernt wurden, injiziert worden, um die Strömungsverhältnisse in der ungesättigten Zone nachzuvollziehen. Ergänzend dazu erfolgten im Labor der Universität München Markierungsversuche an einer eigens dafür entwickelten Säulenanlage, bei denen die Eignung von Kohlenmonoxid als Tracer einerseits und der Einfluß der Lagerungsdichte und des Wassergehaltes auf die Durchströmbarkeit von Bodenproben andererseits betrachtet wurde.

Die Eignung von Kohlenmonoxid als Markierungsstoff ist anhand von Adsorptionsversuchen in Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Chem. Bernhard Hailer am Institut für Anorganische Chemie der Universität München an Tonmineralproben belegt worden. Es kann davon ausgegangen werden, daß der Anteil von Kohlenmonoxid, der an Tonmineralen in natürlichem, feuchten Zustand sorbiert wird, im Vergleich zur gesamten injizierten Menge vernachlässigbar ist. Weiterhin zeigten Säulenversuche, daß eine Lösung von Kohlenmonoxid im Bodenwasser aufgrund der gleichbleibenden Wiedererhaltsraten bei ansteigenden Wassergehalten unter den hier gezeigten Versuchsbedingungen vernachlässigbar ist.

Die Auswertung der aus den Markierungsversuchen resultierenden Durchgangskurven mittels unterschiedlicher Verfahren zeigte, daß die computergestützte Anpassung mit Hilfe des Programmes FIELD am besten geeignet ist, die Bodenluftströmung im Untergrund zu beschreiben. Bei der Bestimmung der Permeabilitäten aus den Tracerdurchgangskurven mußte anfangs geprüft werden, ob das Gesetz von DARCY zur Berechnung der Luftdurchlässigkeiten herangezogen werden kann. Es erfolgte daher eine genaue Untersuchung der Strömungs- und Druckverhältnisse, die ergab, daß unter den beschriebenen Versuchsbedingungen sowohl die Gelände- als auch die Laborversuche im laminaren Strömungsbereich liegen und daß die Kompressibilität der Bodenluft unter den angegebenen Voraussetzungen nicht berücksichtigt werden muß.

Die Auswertung der Laborversuche mit Kohlenmonoxid, bei denen Wassergehalt und des Porenraum einer Bodenprobe kontinuierlich verändert wurden, ergaben eine signifikante Erhöhung der Durchlässigkeit bei Vergrößerung des Porenraumes, während der Einfluß der betrachteten Wassergehalte als gering einzustufen war. Dies konnte durch eine vermehrte Auffüllung der kleinen Poren und Porenkanäle bei Anstieg des Wassergehaltes erklärt werden, so daß die Bodenluft durch größere Poren und Porenkanäle strömt, während bei gleichbleibender Saugleistung die Durchlässigkeit der Bodenproben nur in geringem Maße beeinträchtigt wird. Die sich ergebenden Tracer-Rückgewinnungen, die weder von der Eingabemenge noch vom Durchfluß abhängig waren, lagen bei durchschnittlich 80 % der injizierten Tracermenge, wobei gezeigt werden konnte, daß sowohl die Sensorempfindlichkeit als auch der Versuchsaufbau die Wiedererhalte beeinträchtigen.

Die Geländeversuche mit Kohlenmonoxid als Tracergas zeigten sowohl bei der Betrachtung der vorherrschenden Strömungsverhältnisse einer bestehenden Bodenluftabsauganlage als auch bei der Planung von zusätzlichen Absaugbrunnen gute Ergebnisse. Die Eingabe und Erfassung des Markierungsstoffes konnte optimiert werden, so daß eine leichte Handhabung der Versuchsdurchführung erzielt wurde. Basierend auf den Tracerversuchen und den Untersuchungen zum Auf- und Abbau eines stationären Druckfeldes im Untergrund sind Verbesserungsvorschläge zum Ausbau der Absaugbrunnen und zum Betrieb der Bodenluftabsauganlage im Hinblick auf eine Erhöhung des Schadstoffaustrages vorgebracht worden.

Bei vergleichenden Untersuchungen mit Kohlendioxid als Markierungsstoff ergab sich, daß die eingegebene Menge an Markierungsstoff zum Erlangen vergleichbarer Tracerdurchgangskurven wesentlich größer ist. Vor allem bei den Geländeversuchen muß aufgrund der relativ hohen Grundbelastung im Boden eine um das vielfache erhöhte Kohlendioxidmenge unter signifikanter Druckerhöhung injiziert werden. Dies resultiert in einer Beeinflussung sowohl des Druckfeldes im Untergrund als auch der Meßergebnisse aus den Tracerdurchgangskurven.