

Sensorbasierte Bodenluftmessung zur Vor-Ort-Erkundung von Schadensherden im Untergrund

- Dissertation -

vorgelegt von Dipl.-Ing. Katrin Batereau

Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit war die Entwicklung neuer Geräte und Strategien für die Erkundung von Altstandorten. Dieses Ziel wurde am Beispiel der Messung von flüchtigen organischen Schadstoffen in der Bodenluft der ungesättigten Bodenzone untersucht. Dazu wurde ein sensorisches Vor-Ort-Messsystem aufgebaut und umfangreich im Labor getestet und kalibriert. Dieses Messsystem wurde zu einer feldfesten Methodik durch die experimentell-technische Integration in die Rammkernsondierung zur Bodenluftgewinnung weiterentwickelt und dieses Gerätesystems zur Schadensherderkundung an realen Altstandorten erprobt. Dabei zeigt diese Arbeit einen grundsätzlichen Weg zur Vorgehensweise bei der Entwicklung und Verifizierung eines solchen Messsystems auf.

Gegenüber konventionellen Erkundungsmethoden haben Vor-Ort-Erkundungsmethoden den Vorteil, dass Messergebnisse direkt im Feld verfügbar sind und zu Entscheidungen direkt im Feld herangezogen werden können, z.B. zur Festlegung des Messrasters oder von Probenahmestellen. Die oft erhebliche Zeitspanne zwischen Probennahme und dem Vorliegen der Laborergebnisse kann damit aufgehoben werden und eine schnelle Reaktion auf auffällige Befunde ist möglich. Zusätzlich kann bei Anwendung von Vor-Ort-Erkundungsmethoden durch eine höhere Anzahl und dabei weniger präziser Einzelmessungen die heterogene Schadstoffverteilung besser bewertet werden.

Die Bodenluft ist ein zuverlässiger Indikator, um den Schadensherd und hoch kontaminierte Bereiche gegenüber wenig bzw. nicht kontaminierten Bereichen abzugrenzen. In der ungesättigten Bodenzone breiten sich flüchtige organische Schadstoffe in der Bodenluft wesentlich homogener aus als die Stoffe, die gelöst im Bodenwasser, sorbiert an der organischen Feststoffphase oder als Flüssigphase in der Bodenmatrix vorhanden sind. Daher führt die Hot-Spot-Erkundung mittels Bodenluftmessungen gegenüber der Erkundung von Hot-Spots mittels Bodenproben unter Nutzung des gleichen Messrasters zu einer deutlich höheren Trefferwahrscheinlichkeit).

Im Rahmen dieser Arbeit konnte exemplarisch anhand der Bodenluftmessung aufgezeigt werden, dass Vor-Ort-Erkundungsmethoden die Voraussetzungen für die repräsentativere Auswahl von Probenahmestellen erfüllen und damit die Grundlage für eine sichere Bewertung des Standortes bilden. Während bei der Anwendung des Vor-Ort-Messsystems auf realen Feldstandorten die Schadstoffverteilung in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Erkundung nach BBodSchV ermittelt wurde, zeigten die gemessenen Schadstoffkonzentrationen deutliche Unterschiede (höhere Konzentrationen) gegenüber den mit konventionellen Probennahmetechniken und Laboranalytik ermittelten Konzentrationen. Diese Differenz ist ein Ausdruck der Problematik, repräsentative Proben für die Laboranalytik

zu gewinnen und ist ein deutlicher Hinweis auf den Einfluss von Heterogenität des Untergrundes und der Schadstoffverteilung auf das Ergebnis.

Zur Messung von typischer Weise auf Altstandorten vorkommenden flüchtigen organischen Schadstoffen wurden Metalloxid- und Schwingquarzsensoren hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Umfangreiche Kalibriermessungen im Labor ergaben, dass die Metalloxidsensoren für diese Messaufgabe geeignet sind. Mit den eingesetzten Sensoren können die Schadstoffe stoffgruppenspezifisch erfasst und die Messsignale zuverlässig Konzentrationsbereichen zugeordnet werden. Die Schwingquarzsensoren zeigten eine starke Abhängigkeit von der Feuchtigkeit des zu vermessenden Gases, was den Einsatz aller Resonanzfrequenzsensoren in diesem Anwendungsgebiet beeinträchtigt. Deshalb erweisen sich diese Sensoren nur bedingt geeignet für Bodenluftmessungen während Metalloxidsensoren für dieses Anwendungsgebiet einsetzbar sind.

Die Sensoren wurden als Array in eine gemeinsame Messzelle integriert. Es wurde ein robustes sowie einfach zu bedienendes Feldmessgerät aufgebaut und so konzipiert, dass es problemlos mit bei Baugrund- und Altstandortuntersuchungen eingesetzten handgehaltenen Sondiertechniken gekoppelt werden kann. Wesentliche Elemente des Messsystems sind die Rammsondiergeräte und die Pumpe zur Probengewinnung, die Messzelle mit den Sensoren zur Messwerterzeugung sowie die Datenerfassung. Anhand von Feldmessungen auf verschiedenen Standorten wurde die Feldtauglichkeit getestet und der Prototyp zu einem für den Routineeinsatz geeigneten Vor-Ort-Erkundungsgerät weiterentwickelt.

Mittels großmaßstäblicher Laborversuche im VEGAS-Container wurde die Gleichwertigkeit der analytischen Aussage des Sensorarrays durch eine vergleichende Laboranalytik untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die mit beiden Methoden erfasste Schadstoffverteilung vergleichbar war. Damit konnte die Quantifizierbarkeit der mit den Sensoren gemessenen Schadstoffgehalte nachgewiesen werden. Vor diesem Hintergrund ist der Schluss zulässig, dass das Bodenluftmesssystem zuverlässige und repräsentative analytische (Punkt-) Informationen liefert.

Im Rahmen umfangreicher Feldanwendungen ergaben die Vor-Ort-Bodenluftmessungen plausible Aussagen für die untersuchten Standorte. Der Vergleich der Ergebnisse mit vorhandenen Erkundungsergebnissen nach BBodSchV zeigte die Richtigkeit der mit den Sensoren ermittelten Schadstoffgruppen. Die Schadstoffverteilung konnte für die untersuchten Standorte zuverlässig bestimmt werden. Damit konnte die Eignung des Vor-Ort-Messgerätes zur Festlegung von Probennahmepunkten gemäß BBodSchV nachgewiesen werden als Voraussetzung für die Redzierung der Probenanzahl für die Laboranalytik. Durch die Anwendung des Prototypen wurden die Möglichkeiten und Grenzen des Vor-Ort-Messgerätes getestet sowie die Praxistauglichkeit und Aussagekraft der Vor-Ort-Messungen im Vergleich zu klassischen Erkundungsmethoden überprüft. Typische Nachweisgrenzen für übliche Kontaminanten liegen im Bereich von 50-100 mg/m³.

Neben der Zuverlässigkeit der analytischen Aussage für die untersuchten Standorte konnte anhand der Feldmessungen auf dem Standort einer chemischen Reinigung exemplarisch aufgezeigt werden, dass das Messsystem schnell und kostengünstig Ergebnisse direkt im

Feld liefert. Durch die Ergänzung der Vor-Ort-Messungen durch gerichtefeste Analyseergebnisse anhand ausgewählter Proben ist die Qualität der Standorterkundung mit Vor-Ort-Analytik den Ergebnissen aus der herkömmlichen Standorterkundung gleichwertig. Dabei wurde aufgezeigt, dass bei der Anwendung von Vor-Ort-Analytik unter gleichen oder geringeren Kosten eine wesentlich höhere Anzahl an Punktmessungen durchgeführt werden kann, sodass durch die Nutzung geeigneter Vor-Ort-Methoden die konventionelle Vorgehensweise nach BBodSchV hinsichtlich der Repräsentativität der Ergebnisse aber auch in Bezug auf den benötigten Kosten- und Zeitrahmen optimiert werden kann.

Mit der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von sensorischen Vor-Ort-Messgeräten Standorte flexibel, d.h. ergebnisgesteuert, und damit zuverlässiger und repräsentativer erkundet werden können. Wie auch in der BBodSchV empfohlen, ermöglicht dies eine Optimierung und Reduzierung der Entnahme repräsentativer Proben für die nachfolgende Laboranalytik. Diese Vorgehensweise führt zu einem Zeit- und Kostenersparnis bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität der Erkundung, zu einer besseren Bewertung des Standortes und zu einer repräsentativeren Abschätzung des vorhandenen Schadstoffinventars. Darüber hinaus bieten Vor-Ort-Methoden schon jetzt Einsatzmöglichkeiten, die weit über die laut BBodSchV zugelassene Rasteroptimierung hinausgehen. Das sind insbesondere Einsatzmöglichkeiten in der Standortüberwachung, der Sanierungs- und Abfalleingangskontrolle, sowie als Mittel der Havarieanalytik.