

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation in Österreich

Ein wesentliches Ziel von Erkundungsmaßnahmen an kontaminierten Standorten ist die Schaffung von aussagekräftigen und reproduzierbaren Daten und Beurteilungsgrundlagen für die Abschätzung des von kontaminierten Standorten ausgehenden Risikos für Menschen oder die Umwelt. Erkundungsmaßnahmen kommen in Untersuchungsstufen unterschiedlichen Detaillierungsgrades (Vor- und Detailuntersuchungen) zur Anwendung. Im Rahmen von Gefährdungsabschätzungen oder Prioritätenklassifizierungen gemäß Altlastensanierungsgesetz (ALSAG 1989) erfolgen die Untersuchungen entweder im Rahmen von Eigenuntersuchungen, z. B. durch den Liegenschaftseigentümer, oder nach §13, §14 ALSAG, wobei diese als sogenannte ergänzende Untersuchungen aus Altlastenbeiträgen finanziert werden. In den letzten 25 Jahren wurden an über 500 Altstandorten und Altablagerungen ergänzende Untersuchungen abgeschlossen, weitere rund 1.200 Flächen befinden sich in Untersuchung (UMWELTBUNDESAMT 2015).

In dem vom BMLFUW erstellten Leitbild Altlastenmanagement (BMLFUW 2009) ist eines der wesentlichen Ziele die Erfassung und Beurteilung historisch kontaminierter Standorte innerhalb einer Generation (25 Jahre). Um dieses Ziel zu erreichen sind, neben der Umsetzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Beurteilung und möglichen Anpassungen der gesetzlichen Grundlagen und technischen Normen, auch die konkreten Untersuchungen an Altstandorten und Altablagerungen zeitlich sowie finanziell zu optimieren. Potenzial dafür zeigen diverse – in Österreich bisher nur selten eingesetzte – innovative Erkundungstechnologien bzw. Kombinationen dieser mit in Österreich etablierten Technologien. Dabei ermöglichen die innovativen Technologien neben der Reduktion von Zeit und/oder Kosten durch die Gewinnung neuer oder einer großen Anzahl an Informationen und Erkenntnissen bei gleichem oder geringerem finanziellen Einsatz insbesondere auch eine Erhöhung der Flexibilität vor Ort. Basierend auf einer größeren Datendichte kann u. a. ein Standortmodell detaillierter entwickelt werden, insbesondere auch im Hinblick auf eine zielgerichtete, effiziente, ökonomische und nachhaltige Sanierung.

Dem Leitbild Altlastenmanagement (BMLFUW 2009) entsprechend kann, zukünftig neben Sanierungsmaßnahmen auch die Beobachtung von kontaminierten Altstandorten als Maßnahme zulässig sein. Darüber hinaus werden bei der Anwendung von In-situ-Sanierungstechnologien die Beobachtung im Allgemeinen und die Überwachung von Prozessen im Untergrund eine größere Relevanz gewinnen. Dazu werden verstärkt Monitoringtechnologien erforderlich, um Maßnahmen begleitend bzw. abschließend beurteilen zu können oder, um im Rahmen der Beobachtung positive und negative (natürliche) Entwicklungen identifizieren und soweit erforderlich steuernd eingreifen zu können.

Die Studie Altlastensanierung in Österreich – Effekte und Ausblick (BMLFUW 2007) und eine aktuelle, im Rahmen dieses Quickscans durchgeführte Umfrage unter Fachleuten aus dem Bereich des Altlastenmanagements, zeigen, dass in Österreich, im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, nur wenige innovative Erkundungs- und Monitoringtechnologien eingesetzt werden. Bisher dominieren etablierte Grundwasser-, Feststoff- und Bodenluftprobenahmen und deren Analysen an wenigen (teuren) Aufschlüssen und Messstellen.

Beurteilung

Erkundungstechnologien

Potenzial innovativer Technologien

Beobachtung und Kontrolle

Monitoringtechnologien

1.2 Erkundungsbedarf in Österreich

10.000 Altstandorte Insgesamt lässt sich abschätzen, dass an noch über 10.000 Altstandorten und Altablagerungen konkrete Erkundungsmaßnahmen erforderlich sein werden, um eine Gefährdungsabschätzung durchführen zu können. Im Vergleich zur Vergangenheit ist dabei auch zu erwarten, dass sich insbesondere ein signifikant höherer Bedarf zur Erkundungen von Lösungsmittel- und Mineralölschäden ergibt. Da inzwischen die meisten großen Altstandorte (z. B. Raffinerien, Gaswerke) weitgehend untersucht sind, ist davon auszugehen, dass die Größe, d. h. konkret die Fläche der zu untersuchenden Altstandorte (z. B. Putzereien, Tankstellen) durchschnittlich signifikant kleiner sein wird. Diese kleineren Altstandorte befinden sich vermehrt im (dicht) verbauten Raum und sind oftmals in einer Nachnutzung. Daraus werden sich in Zukunft deutlich höhere Anforderungen an die Erkundung und die Sanierung ergeben. Diese sind an die bestehende Nutzung, Bebauung und Infrastruktur anzupassen.

CKW und MKW

immer häufiger kleine Altlasten

Bei häufigerer Identifikation von kleinen Altlasten im dichtbebauten Raum ist absehbar, dass auch In-situ-Technologien zur Sanierung oder Maßnahmen zur Beobachtung bzw. Überwachung öfter Eingang in die Praxis finden werden. Ihre Eignung und damit auch Akzeptanz ist viel stärker abhängig von einer fundierten Voruntersuchung und einem guten Standort- und Prozessverständnis (Standortmodell) als bei konventionellen Sanierungsmethoden (z. B. Aushub, Umschließung). Als Konsequenz werden sich für In-situ-Technologien auch höhere Anforderungen in Bezug auf Prognosen und den Erfolgsnachweis ergeben. Bisher allgemein angewandte Technologien und Strategien zur Erkundung werden in ihrer Leistungsfähigkeit oder Eignung oft limitiert sein. Damit werden Ergänzungen durch neue Erkundungstechnologien und integrierte Strategien zur gemeinsamen Anwendung verfügbarer Verfahren erforderlich.

1.3 Umfang und Gliederung des Quickscans

Im vorliegenden Quickscan werden ausgewählte Verfahren zur Erkundung und zum Monitoring von kontaminierten Standorten vorgestellt, die in der Praxis bereits erfolgreich eingesetzt werden, in Österreich aber bis dato kaum oder nicht etabliert sind. Besonderes Augenmerk gilt daher der Darstellung internationaler Anwendungserfahrungen.

Der Schwerpunkt des Quickscans wurde auf Technologien zur Erkundung des Untergrunds und des Grundwassers sowie Technologien zum Monitoring von Prozessen im Untergrund und im Grundwasser gelegt. Dabei werden

Definition Erkundungs- technologie

1. als Technologien zur Erkundung von kontaminierten Standorten solche verstanden, die zur Voruntersuchung (V) und Detailuntersuchung (D) eingesetzt werden. Hierbei liegt der Fokus auf der umfassenden Erkundung des Schadensbildes (Art, Menge, räumliche Verteilung, Mobilität und Mobilisierbarkeit von Schadstoffen). Die Ergebnisse der Erkundung bilden die Grundlage für eine Beurteilung des Risikos. Weiters kann im Rahmen von Untersuchungen in Hinblick auf die Eignung bestimmter Sanierungsverfahren ein zusätzlicher spezifischer oder prozessbasierter Erkundungsbedarf bestehen.

2. als Technologien zum Monitoring solche verstanden, die zur systematischen Erfassung, Beobachtung (B) und Überwachung eines Prozesses als Kontrolluntersuchung (K) zum Einsatz kommen, also im Rahmen der mittel- bis langfristigen Beobachtung. Technologien zum Monitoring sollen zeitliche Trends erkennbar machen und Entscheidungshilfen schaffen, um erforderlichenfalls auch in einen Prozess steuernd eingreifen zu können.

**Definition
Monitoring-
technologie**

Technologien, die nicht auf die Erkundung des Untergrundes sondern z. B. der Atmosphäre oder der Raumlufte abzielen, finden sich im Quicksan ebenso wenig wieder, wie Technologien, die sich in Entwicklung befinden, für die zurzeit nur unzureichende Praxiserfahrungen vorliegen oder Technologien zur Prozess- und Anlagensteuerung.

**Fokus auf
Untergrund**

Den Beschreibungen der ausgewählten Technologien wurde in Kapitel 1.4 des Quicksans zusammenfassend vorangestellt, welche Voraussetzungen und Randbedingungen bei der Planung und Anwendung von Erkundungs- und Monitoringtechnologien allgemein von Bedeutung sind.

Die Auswahl der Technologien für den Quicksan erfolgte im Rahmen intensiver Diskussion mit dem ExpertInnenpanel des ÖVA. Als wesentliche Auswahlkriterien wurden mögliche Kosteneinsparung und Zeitersparnis durch Ersatz von oder durch Kombination mit etablierten Verfahren (schnellerer oder sofortiger Informationsgewinn, d. h. Entscheidung über weiteres Vorgehen vor Ort möglich, „adaptive Erkundung“), die ausreichende Erprobung des jeweiligen Verfahrens (Anwendungserfahrung) sowie die Qualität der gewonnenen Information (verbesserte Qualität oder neue Information) festgelegt. Diese Kriterien wurden im weiteren Procedere ergänzt um:

**Auswahlprozess
und -kriterien**

- allgemeine Anwendbarkeit/einfache Handhabbarkeit,
- Akzeptanz (in Österreich, bei den AnwenderInnen),
- Vergleichbarkeit (bzw. belastbare Ergebnisse),
- Kombinierbarkeit/Ergänzung mit anderen Verfahren (auch mit in Österreich etablierten Verfahren, z. B. Einsatz von Direct Push-Sondierungen, um gezielter die „teureren“, konventionell ausgebauten Grundwassermessstellen (u. U. auch in speziellen Horizonten bzw. geologischen Schichten) setzen zu können).

Im Rahmen der Auswahl zeigte sich, dass mit den ausgewählten Technologien nur ein Ausschnitt über erfolgversprechende Technologien für Österreich dargestellt werden kann. Daher wurden ergänzend zu den Technologiekapiteln eine Technologiematrix erstellt und die Ergebnisse der Diskussionen mit dem ExpertInnenpanel des ÖVA in einem eigenen Kapitel (Kap. 2) vorangestellt. Die Auswahl der Technologien bzw. Technologiegruppen für diese Matrix wurde dabei möglichst breit gewählt und reicht von der Geophysik bis hin zu mikro- und molekularbiologischen Verfahren und Biosensoren. Die Technologiematrix (Tabelle 1) bietet eine Übersicht, die zu den einzelnen Technologien auch jeweils eine generelle, sehr knappe Darstellung des Verfahrensprinzips und Einsatzbereiches sowie Hinweise auf weiterführende Literatur beinhaltet.

Technologiematrix

Da sich zeigte, dass diverse erfolgversprechende Verfahren oft von der korrekten Anwendung eines (etablierten) Verfahrens abhängig sind bzw. diese sinnvoll ergänzen, wurde die Matrix um „notwendige zusätzliche“ d. h. auch bisher bereits routinemäßig angewandte Verfahren ergänzt.

12 Technologien In den Kapiteln 3 bis 15 werden ausgewählte, erfolgversprechende Technologien beschrieben. Diese umfassen die Verfahren des Direct Push (Kap. 3 bis 6), Flowmeter Messungen (Kap. 7), Immissionspumpversuche (Kap. 8), tiefenorientierte GW-Probenahmesysteme (Kap. 9), Passivsammler (Kap. 10) und Passiv Flux Meter (Kap. 11) für das Grundwasser, Redoxsensitive Bänder (Kap. 12) und Markierungsversuche (Kap. 13) sowie die Laborverfahren GC-Fingerprinting (Kap. 14) und Isotopenuntersuchungen (Kap. 15).

Die Reihung der einzelnen Technologien orientiert sich generell an der Verfahrensgruppe (Geologie/Hydrogeologie, Schadstoffe/Milieu, Prozesse) und am Untersuchungsziel. Allerdings wurden zur besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit zusammenhängende Technologiekapitel (z. B. „Direct Push“) bewusst nicht getrennt. Es wurde versucht, jedes Kapitel weitgehend einheitlich zu gliedern: Nach einer kurzen Einleitung mit einer Übersichtstabelle (Technologiematrix, Tabelle 1), die wesentliche Informationen zum Verfahren (Prinzip, Ziel, Einsatzbereich, Parameter, Dauer und Kosten) zusammenfasst, wird die jeweilige Technologie bzw. Varianten der Technologie in folgender Gliederung beschrieben:

**Gliederung
Technologiekapitel**

- Verfahrensbeschreibung;
- Voraussetzungen/Anforderungen
 - Standort,
 - Probenahme/Dimensionierung;
- Potenziale und Einschränkungen;
- Alternativen/Kombinationen;
- Stand der Entwicklung/Stand der Anwendung.

Die Beschreibungen der in diesem Quickscan dargestellten Technologien wurden auf Basis ausgewählter Literatur, die am Ende des jeweiligen Kapitels angegeben ist, verfasst. Soweit es im Rahmen eines Quickscans möglich war, wurde eine Prüfung der Plausibilität der in der Literatur dargestellten Verfahrensbeschreibungen sowie ihrer Vor- und Nachteile durchgeführt.

Kosten In den Technologiekapiteln werden auch Anhaltspunkte zu den Kosten des jeweiligen Verfahrens gegeben. Eine Abschätzung etwaiger Einsparungspotenziale bei Anwendung der vorgestellten, im Vergleich zu etablierten Verfahren, ist für den Einzelfall und auch über mehrere Projektphasen gemeinsam durchzuführen. Dabei ist beispielsweise zu berücksichtigen, dass erhöhte finanzielle Aufwendungen bei der Erkundung zu erheblichen Kosteneinsparungen bei der Sanierung führen (können). Darüber hinaus können mit einigen der vorgestellten Verfahren, innerhalb eines vorgegebenen Budgets und im Vergleich mit etablierten Verfahren, auch oft bessere und detailliertere Informationen gewonnen werden.

Der Quickscan schließt mit einem Fazit (Kap. 16), das wesentlich Vorteile und Voraussetzungen für die Anwendung erfolgversprechender Erkundungsverfahren zusammenfasst und den Weg in die Praxis in Österreich unterstützen soll.

1.4 Vorüberlegungen zur Technologiewahl

Die Untersuchung des Untergrundes (Boden und Bodenluft) sowie des Grundwassers sollen Grundlagen schaffen, um die Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen an kontaminierten Standorten zu ermöglichen.

Da die Fragen, und damit auch die zur Beantwortung erforderliche Verfahrensauswahl, vom Wissensstand (Standortmodell → ÖNORM S 2086 (2009)) und vom Untersuchungsziel abhängen, werden bei der Untersuchung kontaminierter Standorte in Österreich in der Regel folgende Untersuchungen unterschieden:

- Voruntersuchungen (zur Gefährdungsabschätzung),
- Beobachtung von kontaminierten Standorten,
- Detailuntersuchungen (u. a. auch zur Prioritätenklassifizierung),
- Sanierungsuntersuchung (im Rahmen einer Variantenstudie),
- Begleitung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen,
- Abschließende Kontrolluntersuchungen von Sanierungsmaßnahmen,
- Überwachung von Nachsorgemaßnahmen.

**Stufen einer
Untersuchung**

Wesentliche Voraussetzung für die Planung, Durchführung und spätere Auswertung und Beurteilung von Maßnahmen ist in jeder dieser Untersuchungsphasen ein hinreichend gutes Verständnis des Standortes (Standortmodell) hinsichtlich der Standortverhältnisse (betriebliche Anlagen und Tätigkeiten, Untergrundverhältnisse, Schutzgüter und Nutzungen), des aktuellen Schadensbildes (u. a. Schadensherde, Schadstoffverteilung), der ablaufenden Transport- und Abbauprozesse sowie der Sicherheiten des Standortmodells. Durch Untersuchungen wird das Standortmodell laufend weiterentwickelt, dabei widerlegt oder bestätigt und präzisiert, sodass gute Grundlagen für die Entscheidung über erforderliche weitere Maßnahmen und deren Planung gewährleistet werden können. Das heißt auch, dass zu Beginn jeder Untersuchungsphase aufbauend auf dem jeweiligen Stand des Standortmodells immer Überlegungen zu Untersuchungszielen und den erforderlichen Untersuchungsstrategien abzuleiten und festzulegen sind.

Standortmodell

Zur Erreichung eines Untersuchungsziels können dabei ganz unterschiedliche Untersuchungsstrategien mit dem Einsatz sehr unterschiedlicher Untersuchungstechnologien oder deren Kombinationen geeignet sein. Vor der Wahl einer Technologie sind deshalb immer die spezifischen Voraussetzungen und Anforderungen (s. gleichnamige Abschnitte in den Kapiteln 3 bis 15) mit der konkreten standortspezifischen Situation abzugleichen und die Eignung der jeweiligen Technologien für die konkreten Fragestellungen vorab zu klären. Hingewiesen wird darauf, dass bei vielen Technologien die Eignung insbesondere von der hydrogeologischen Situation abhängt (z. B. Vertikalströmungen in Messstellen, sehr unterschiedliche k_f -Werte in beurteilungsrelevanten Schichten). Zum Beispiel kann entscheidend sein, ob die Konzentration eines Schadstoffes im Grundwasser tiefengemittelt, nach dem Zufluss gewichtet oder tiefenorientiert bestimmen werden soll.

**Strategie je nach
Untersuchungsziel**

Auch die Nutzungsdauer von Probenahmestellen und notwendige Qualitätsanforderungen an Probe und Analyse sind von maßgebender Bedeutung. Für die Wahl eines Verfahrens ist wesentlich, wie Proben zu nehmen sind (z. B. erforderliche Probenmengen für die Analytik) und wie oft (einmalig, mehrmalig oder kontinuierlich) oder worauf die Proben zu analysieren sind (Einzel- oder Summenparameter) und in welcher Qualität (z. B. Bestimmungsgrenzen).

finanzielle Überlegungen immer ganzheitlich

Häufig sind auch die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel ein limitierender Faktor. Im Rahmen einer ökonomischen Abwägung sollten jedenfalls Installations- und spätere Betriebskosten gemeinsam beurteilt werden; z. B. können Entsorgungskosten für große Mengen von kontaminiertem Grundwasser zu einem nicht unerheblichen monetären Faktor werden.

Vorab sind ebenso Überlegungen hinsichtlich der Aussagekraft der Methode und Kontext der Untersuchungen zu anderen Technologien oder auch zur Kombinierbarkeit mit anderen Technologien (s. gleichnamige Abschnitte in Kap. 3 bis 15), zur Reproduzierbarkeit der Messergebnisse und zur Vergleichbarkeit der mit verschiedenen Technologien gewonnenen Ergebnisse anzustellen.

erforderliche Auflösung und Präzision

Da die im Quickscan vorgestellten Verfahren oftmals eine alternative Gewinnung von Proben für eine etablierte Laboranalytik umfassen, die Laboranalytik zur Gänze ersetzen oder aber in den Bereich innovativer Untersuchungen im Labor fallen, ist es wesentlich, sich bereits im Planungsstadium der Untersuchungen – ausgehend von der jeweiligen Untersuchungsstufe und den sich stellenden Fragen – zu überlegen, welche Auflösung und Präzision in Bezug auf Untersuchungsergebnisse (z. B. notwendige Messwertgenauigkeit, Fehlertoleranz der zu ermittelnden Messwerte/Parameter) erforderlich und möglich sind. Das ist umso wichtiger, da für manche der vorgestellten Verfahren zum Teil die entsprechenden Standards und Normen zur Qualitätssicherung noch nicht vorhanden sind und damit ein Vergleich mit etablierten und genormten Technologien hinsichtlich Leistung und Qualität (z. B. Messgenauigkeit) nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Potenzial integrierte Erkundung:

- **gezielt**
- **schnell**
- **kosteneffizient**

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass bei fundierter Planung viele der beschriebenen Technologien insbesondere in Kombination mit etablierten Verfahren ein großes Potenzial bieten, das Standortmodell besser und schneller entwickeln zu können. Dabei können durch die Auswahl und eine gute Abstimmung der Verfahren aufeinander oft auch signifikante Kosteneinsparungen erzielt werden, die sich insbesondere auch bei Entscheidungen über Art und Umfang weiterer Maßnahmen zur Erkundung oder Sanierung fortsetzen.

Zitierte und weiterführende Literatur

Altlastensanierungsgesetz (ALSAG; StF: BGBl. Nr. 299/1989): Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung.

BMLFUW – Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VI/3, Abfallbehandlung und Altlastensanierung (2007): Altlastensanierung in Österreich – Effekte und Ausblick, Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VI/3, Abfallbehandlung und Altlastensanierung (2009): Leitbild Altlastenmanagement – Sechs Leitsätze zur Neuausrichtung der Beurteilung und Sanierung von kontaminierten Standorten, Wien.

ÖNORM S 2086 (2009): Altlasten – Benennungen und Definitionen. Standortmodell.

UMWELTBUNDESAMT (2015): Granzin, S. & Valtl, M.: Verdachtsflächenkataster und Altlastenatlas. Stand: 1. Jänner 2015. Reports, Bd. REP-0507. Umweltbundesamt, Wien.