

Fallbeispiele zur Abschätzung des Stoffeintrages in das Grundwasser

Im Rahmen des Modellprojektes ehemalige Chemische Reinigungen wurden bei 19 Standorten orientierende Untersuchungen durchgeführt. Von zehn Standorten wird im Folgenden beispielhaft das Vorgehen bei unterschiedlichen Standortverhältnissen in Schleswig-Holstein dargestellt und die Sickerwasserprognose erläutert.

Es werden die Grundstücks- und Quellsituation, die sich daraus ergebende Kontaminationshypothese, die geologisch/hydrogeologische Situation, Untersuchungskonzept und -durchführung und die Ergebnisse sowie darauf aufbauend die Abschätzung des Stoffeintrages in das Grundwasser (Sickerwasserprognose) mit Transportbetrachtung, die Bewertung und weiterführende Empfehlungen dargestellt.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Anonymisierung sind die Angaben zu den Standorten gekürzt. Ausführlichere Angaben zu Stoffen und die Durchführung der Sickerwasserprognose beschränken sich auf den Hauptkontaminanden LCKW (leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe). Die folgenden Beispiele können also nicht alle Probleme und Ergebnisse darstellen, sondern sollen eine Hilfestellung für das Vorgehen und die Bewertung für den Pfad Boden – Grundwasser geben.

Fallbeispiel Nr.	Untersuchte Medien	Ergebnis	Handlungsbedarf	Besonderheiten
1	Bodenluft, Boden, Grundwasser	Bodenluft und Boden im Südteil belastet	Detailuntersuchung	Begründung einer DU auf Grundlage von Bodenluftuntersuchungen, Schwierigkeiten der Grundwasserprobennahme.
2	Boden, Bodenluft, Grundwasser	LCKW in zum Teil erheblichen Konzentrationen nachgewiesen	Detailuntersuchung	Komplexe Geologie; Eintragsüberlegungen und ‚Ausreizung‘ der verbal argumentativen Sickerwasserprognose, große Chemische Reinigung.
3	Bodenluft, Grundwasser, Boden	LCKW in relevanten Konzentrationen	Ggf. bei Gelegenheit weitere Untersuchungen	Trotz Belastungen des Grundwassers keine weiteren Maßnahmen – Verhältnismäßigkeitsabwägung.
4	Grundwasser, Boden, Bodenluft	Grundwasser zeitweise im Abstrom durch LCKW belastet, in der Bodenluft geringe Konzentrationen	weitere Untersuchungen: Grundwasser-Überwachung	Nicht abgeschlossene orientierende Untersuchung mit Überwachungsnotwendigkeit.
5	Boden	LCKW in geringen Konzentrationen nachgewiesen	keiner	Vorgehen bei trockenen Sanden über bindigem Untergrund.
6	Grundwasser, Boden	Grundwasser belastet	Detailuntersuchung	Hoch belastetes Grundwasser und trotzdem Unklarheiten über konkreten Eintragsort auf dem Grundstück (typisch enge Innenstadtsituation); komplexe Geologie.
7	Bodenluft, Grundwasser	Grundwasser belastet	Detailuntersuchung	Einfacher sandiger Untergrundaufbau, belastetes Grundwasser <u>ohne</u> erhebliche Bodenluftgehalte.
8	Bodenluft, Grundwasser	LCKW in geringen Konzentrationen	keiner	Grundwasser nur unter einem kleinen Teil des Grundstücks; Vorgehen, wenn der OdB abseitig einer Quelle liegt.
9	Boden, Bodenluft., Innenraumluft	LCKW in geringen Konzentrationen	ggf. Innenraumluftmessung im Winter	Geologie des östlichen Hügellandes. Im Vordergrund steht der Pfad Boden-Mensch.
10	Bodenluft, Grundwasser	LCKW in geringen Konzentrationen nachgewiesen	Trotz keinem direkten Gefährdungshinweis – Messstelle zur Absicherung	Stufenweiser Ausschluss von Gefahrenverdachtsmomenten – auch bei einem sehr wahrscheinlichen Entlassen einer Fläche aus dem Altlastenverdacht..

Abkürzungsverzeichnis

BTEX	Aromatische Kohlenwasserstoffe
CIS	cis-1,2-Dichlorethen
CRE	Chemische Reinigung
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
GW	Grundwasser
HBS	Hohlbohrschnecke
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
MKW	Mineralöl-Kohlenwasserstoffe
OdB	Ort der Beurteilung
PER	Perchlorethen
TRI	Trichlorethen

Fallbeispiel Nr. 1

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	200 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	unterkellertes, mehrgeschossiges Wohn-/ Geschäftshaus
Umfeldnutzung:	Wohn- und Geschäftshäuser, Lagerhalle nördlich des Grundstücks
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohn- und Geschäftshauses
Betriebszeitraum der CRE:	1967-1987
Weitere altlastrelevante Nutzung:	Färberei, Benzinwäsche, Fasslager 1907 - ca. 1967 im nördlich angrenzenden Grundstück in einem Speichergebäude, das 1974 abgebrochen wurde. 1967 vom ehem. Grundstück der CRE abgeteilt
Versiegelung:	Das gesamte Grundstück ist mit Betonsteinpflaster bzw. Gehwegplatten versiegelt.
Entwässerung:	separate Entwässerungsleitungen für Wohn-/ Geschäftshaus und Lagerhalle, jedoch Einmündung in gemeinsame Ringsammelleitung. Abfluss vom Wohnhaus erfolgt nach Süden, der von der Lagerhalle nach Norden.
Vermutetes Schadstoffinventar:	CRE: LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel: Färberei: LCKW, BTEX, Schwermetalle Benzinwäsche: MKW, BTEX



Hinterhof – BS2 GWM2



Hinterhof – BS3

2. Kontaminationshypothese

CRE: Zwei Reinigungsmaschinen und Benzinlager der ehem. Färberei u. Wäscherei. Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft in die ungesättigten Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. aus belastetem Boden bzw. Fundament in die Gebäude-Innenraumluft.

Nördlich angrenzende Benzinwäsche und Färberei: Benzinwäsche, Fasslager, und Kesselraum. Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich eines großräumig ausgedehnten warthestadialen Sanders. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 7,5 m. Der Grundwasserabstrom ist nicht bekannt.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

LCKW und BTEX sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der guten Durchlässigkeit der anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich. Wegen lange zurückliegendem Nutzungszeitraum können die Schadstoffe das Grundwasser ggfs. bereits erreicht haben.

Ziel/ Medium	Planung	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt. 3 RKS (DIN 4021) bis 10 m min. 60 mm. 4 RKS nördlich angrenzend. Ansatzpunkte nur außerhalb des Gebäudes	Durchführung mit Einschränkungen (s.u.).
Boden	Bei Hinweisen auf Bodenkontaminationen (z.B. auf Grund der PID-Messungen zusätzlich Bodenproben.	Bodenprobenentnahme aus BS 1 und BS 2, Analyse von Proben aus BS1
Bodenluft	Erste orientierende Messungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) mit einem Photo-Ionisations-Detektor (PID) im offenen Bohrloch und am Bodenmaterial. Entnahme mittels einer Sonde (System Stütz) mit Packer aus 3m, 5m, 7 m Tiefe.	Die mit PID-Messungen detektierten VOC-Gehalte im Bohrloch und in der Sonde in BS 1 und BS2 wurden durch die Bodenluftbeprobung mit Stützsonde bestätigt. Stationäre Bodenluftmessung in BS 1.
Grundwasser	4 tempor. Messstellen (DN 50 HDPE, UK-Filter 2 m u. GW-Spiegel). Aufbohren der RKS auf 80 mm mit Hohlbohrschnecke (HBS). Entnahme von GW-Proben (DIN 38402-A13).	Wg. hoher Lagerungsdichte und hohem Kiesanteil HBS nur bedingt möglich. Nur 2 GWM realisiert. OK Filter 1 m über GW-Spiegel für Bodenluftbeprobung.

Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der sandig ausgeprägten ungesättigten Zone und des rel. geringen Fluranstandes hauptsächlich Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen sowie ggfs. ergänzende Bodenuntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und BTEX. Die CRE und Färberei/ Benzinwäsche wurden zusammen untersucht.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

Unter max. 1,8 m mächtigem, anthropogenem Auffüllmaterial (meist Füllsand für Sauberkeits- und Tragschichten, selten mit Ziegelbauschutt vermischt) folgen bis zur Endteufe (max. 10 m) kalkfreie Grobsande mit hohem Kies- und Steinanteil.

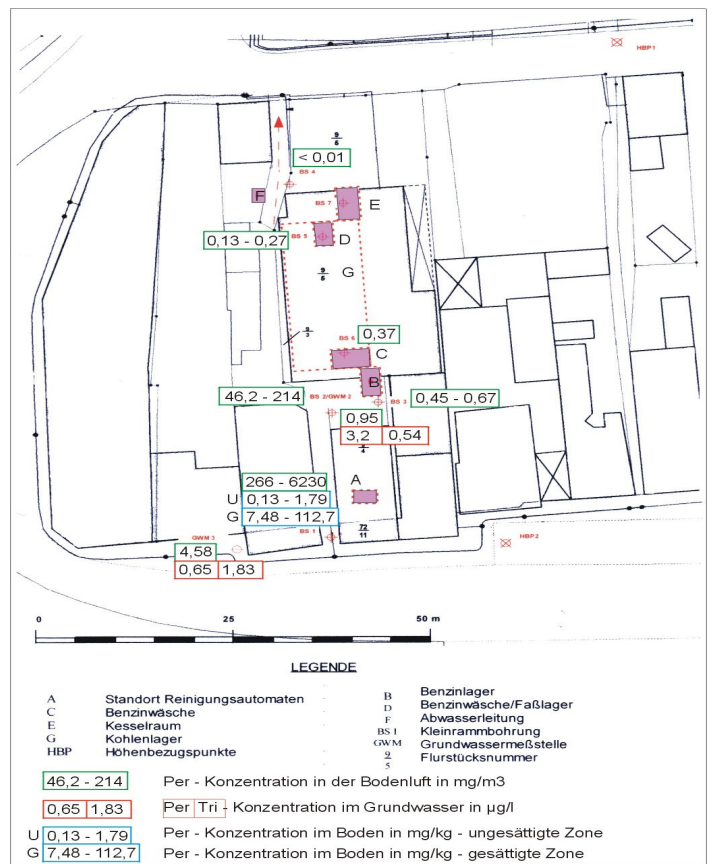
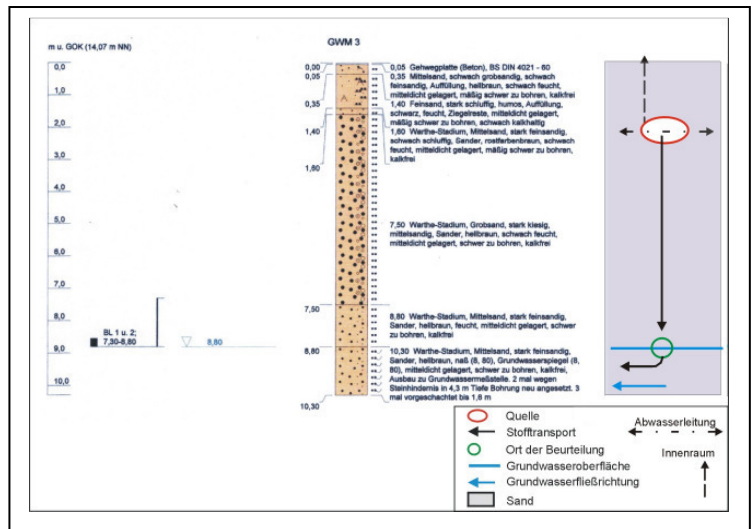
Der Flurabstand beträgt 7,5-8 m. Nach Archivbohrungen liegt die Sohlschicht des Grundwasserleiters in einer Tiefe von ca. 10,5-12 m u.GOK. Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund der erbohrten kiesigen Grob- und Mittelsande mit $>10^{-3}$ m/s (stark bis sehr stark durchlässig) abgeschätzt. Die Grundwasserfließrichtung ist nicht bekannt.

5.2 Schadstoffbelastung

In den Bodenluft- und Grundwasserproben wurden keine BTEX-Aromaten nachgewiesen. In der Bodenluft wurde sowohl PER (bis 6.230 mg/m³) als auch TRI (bis max. 0,44 mg/m³) detektiert. VC war nicht nachweisbar.

Im nördlich angrenzenden Grundstück wurde ausschließlich PER nachgewiesen.

Um die in der Bodenluft festgestellten PER-Konzentrationen für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet. Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zugeordnet werden können, und die Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.



Per-Konzentration Gas-/ Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
Südteil	0,2-7 m	
Henry-Konstante für 10°C = 0,30		
BS1	6.230	20.767
BS2	90	300
BS3	0,67	2,23
Nordteil	0,2-3m	
BS5	0,27	0,9
BS6	0,37	1,23

Im Grundwasser wurde sowohl PER als auch TRI nachgewiesen. Eine Zuordnung zum An-/ oder Abstrom ist nicht möglich. In den Bodenproben wurde ausschließlich PER detektiert, wobei in der gesättigten Zone bei der tiefsten Entnahme 9 m u. GOK mit bis zu 113 mg/kgTS deutlich höhere Gehalte auftraten als in der ungesättigten. Unter Annahme eines Gleichge-

wichts zwischen Fest- und Flüssigphase entspricht diese Bodenkonzentration einer Gleichgewichtslösung von ca. 8000 µg/l.

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke ist ca. 7-8 m lang, hat also eine **mittlere** Länge. Der Schadstofftransport erfolgt in dem grobkörnigen Sediment rasch und ungehindert. Wegen eingeschalteter feinkörniger Lagen kann es auch zu einer horizontalen Ausbreitung kommen. Es erfolgt kein Abbau und es besteht kein Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion** der ungesättigten Zone **vernachlässigbar**.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Die Grundwasserfließrichtung ist nicht bekannt. Da beide beprobten Grundwassermessstellen außerhalb des Abstroms der belasteten Sondierung BS1 positioniert sein können, sind die Ergebnisse für die Sickerwasserprognose nicht auswertbar.

Schadstoffpotential / Schadstoffquelle in der ungesättigten Zone

In der Bodenluft, im Boden und im Grundwasser sind z.T. hohe PER-Gehalte festzustellen. Infolge der großflächigen Versiegelung des sandigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase anzunehmen. Die Zunahme der Schadstoffgehalte mit zunehmender Entnahmetiefe und einem sprunghaften Anstieg der Konzentrationen in der gesättigten Zone (BS1) weist auf eine Anreicherung (**Poolbildung**) und einen **Eintrag ins Grundwasser** in diesem Bereich hin. Die Daten weisen auf ein **hohes Schadstoffpotenzial** hin.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am, Ort der Beurteilung

Aufgrund der festgestellten hohen Bodenluft-, Boden- und daraus abgeleiteter Grundwasserbelastungen im Bereich BS1 ist eine **Prüfwertüberschreitung wahrscheinlich**.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser:

Aufgrund der aus den Boden- und Bodenluftgehalten abgeleiteten Gleichgewichtskonzentrationen in der Flüssigphase bei BS 1 kann im Bereich der potenziellen Eintragsstellen (Standort der Reinigungsmaschine, Abwasserleitung) am Ort der Beurteilung eine Überschreitung des Prüfwertes für LCKW abgeleitet werden.

Boden-Mensch:

Die Belastung der Bodenluft durch Per ist erheblich und überschreitet entsprechende orientierende Bodenluft-Hinweiswerte der LABO (2009) zur Abschätzung von Gefährdungen von Menschen in Wohngebieten im Innenraum (70 mg/m³) deutlich.

Der Altlastenverdacht hat sich bezüglich beider Wirkungspfade bestätigt. Eine weitergehende Erkundung im Rahmen einer Detailuntersuchung ist notwendig.

8. Empfehlung

Im Rahmen der Detailuntersuchung ist durch zusätzliche Messstellen die Grundwasserfließrichtung zu bestimmen. Eine Messstelle sollte im Bereich der BS 1 installiert werden. Innenraumluftmessungen im Keller des Wohngebäudes (wegen evtl. belasteter Gebäudesubstanz) sind zur Abklärung des Wirkungspfades Boden-Mensch durchzuführen.

Fallbeispiel Nr. 2

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	2.300 m ²
Zulässige Nutzung:	Wohnbaufläche lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	Mehrgeschossige Wohn-/ Geschäftshäuser, teilunterkellert
Umfeldnutzung:	Wohn-/ Geschäftshäuser
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss eines Geschäftshauses (s. Lageplan).
Betriebszeiträume:	CRE 1904-84, Färberei 1904-84, Wäscherei 1957-89
Weitere altlastrelevante Nutzung:	Färberei, Benzinwäsche, Eigenverbrauchstankstelle, Öltank-Kesselhaus.
Versiegelung:	Das Grundstück ist bis auf den 350 m ² großen, befestigten Innenhof vollständig überbaut.
Entwässerung:	Zwei separate Sielstränge; Ableitung nach Osten
Brunnen:	Brauchwasserbrunnen verfiltert 53-64 m u. GOK
Vermutetes Schadstoffinventar:	CRE: LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel. Ggfs. auch FCKW. Färberei: LCKW, BTEX, Schwermetalle, Phenole, Cyanide, Chlorbenzole Benzinwäsche: BTEX, MKW Tankstelle: Diesel- und ggfs. Vergaserkraftstoff.



Blick auf ehem. Benzinwäscherei



ehem. Eigenverbrauchstankstelle

2. Kontaminationshypothese

CRE: Standorte und Anzahl der Reinigungsmaschinen sind nicht bekannt. Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft in die ungesättigten Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. aus belastetem Boden bzw. Fundament in die Innenraumluft im Keller des Gebäudes.

Benzinwäsche und Färberei: Benzinwäsche und Kesselraum. Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitung.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich der weichseleiszeitlichen Grundmoränen bzw. Seitenmoränen am Rand der Förde. Es war mit oberflächennah anstehendem, bis zu ca. 20 m mächtigem Geschiebelehm/ -mergel zu rechnen. Aus Archivbohrungen im näheren Umfeld war bekannt, dass im tieferen Untergrund ein Stockwerksbau aus grundwasserleitenden und nichtleitenden Schichten vorliegt. Der obere Grundwasserleiter liegt bei ca. 20-30 m u.GOK; der untere bei ca. 40-60 m u. GOK. Die Grundwasserfließrichtung ist nach älteren Untersuchungen im weiteren Umfeld nach Osten gerichtet.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

LCKW und BTEX sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der geringen Durchlässigkeit des anstehenden Geschiebemergels und des dadurch bedingten Rückhaltevermögens ist kein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser anzunehmen. Wegen des lange zurückliegenden Nutzungszeitraums, der Existenz von Brauchwasserbrunnen und evtl. sandigen Lagen im Geschiebemergel können Schadstoffe das Grundwasser dennoch bereits erreicht haben.

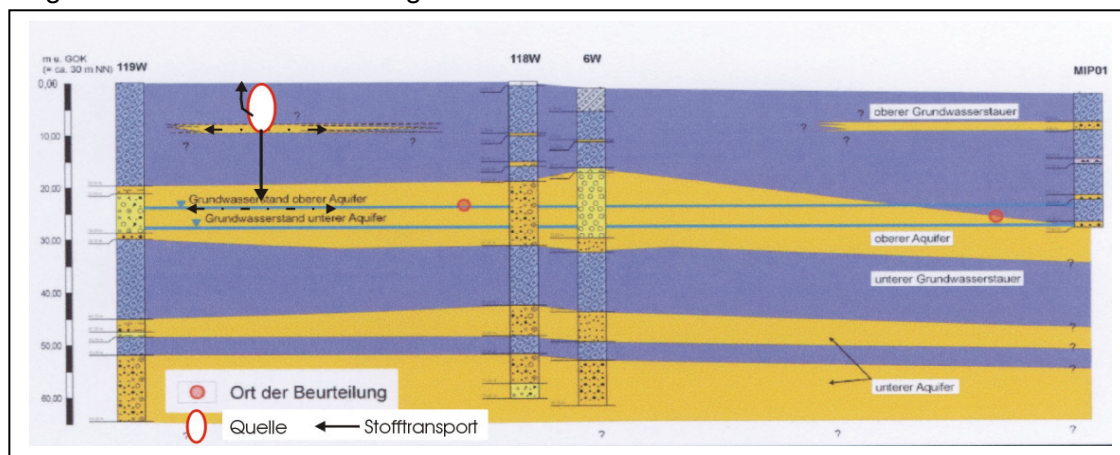
Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der anstehenden, überwiegend bindigen Ablagerungen (Auffüllung und Geschiebelehm/ -mergel) hauptsächlich Bodenuntersuchungen sowie ggfs. ergänzende MIP-Beprobungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste bei den Bodenluftproben LCKW und FCKW; bei den Bodenproben LCKW, BTEX, MKW, Cyanide, Phenol-Index, Chlorbenzol und Schwermetalle.

Ziel/Medium	Planung	Durchführung
Klärung des Untergroundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt. 9 RKS (BS DIN 4021) bis 5 m min 60mm	Durchführung gem. Planung
Boden	Entnahme von Headspace-Proben im 1 m-Abstand bzw. bei Schichtwechsel.	In Abhängigkeit von Bodenart und Kontaminationsvermutung durchgeführt.
Bodenluft	Bodenluftbeprobung sofern geeignete ungesättigte Zone vorhanden.	Bodenluftbeprobung nur in 1 RKS möglich. Temporäre Messstelle 1 1/4".
Grundwasser	Halbquantitative Schadstoffbestimmung mittels MIP-Sonde. Bei Kontaminationshinweis in Abhängigkeit von der Bodenart Grundwasser- und Bodenluftanalyse.	3 MIP-Sondierungen. Wegen hohem Eindringwiderstand nur Tiefen von 16,2 – 25,4 m erreicht. GW-Standsmessung und Beprobung in einer Sondierung im Hohlgestänge.

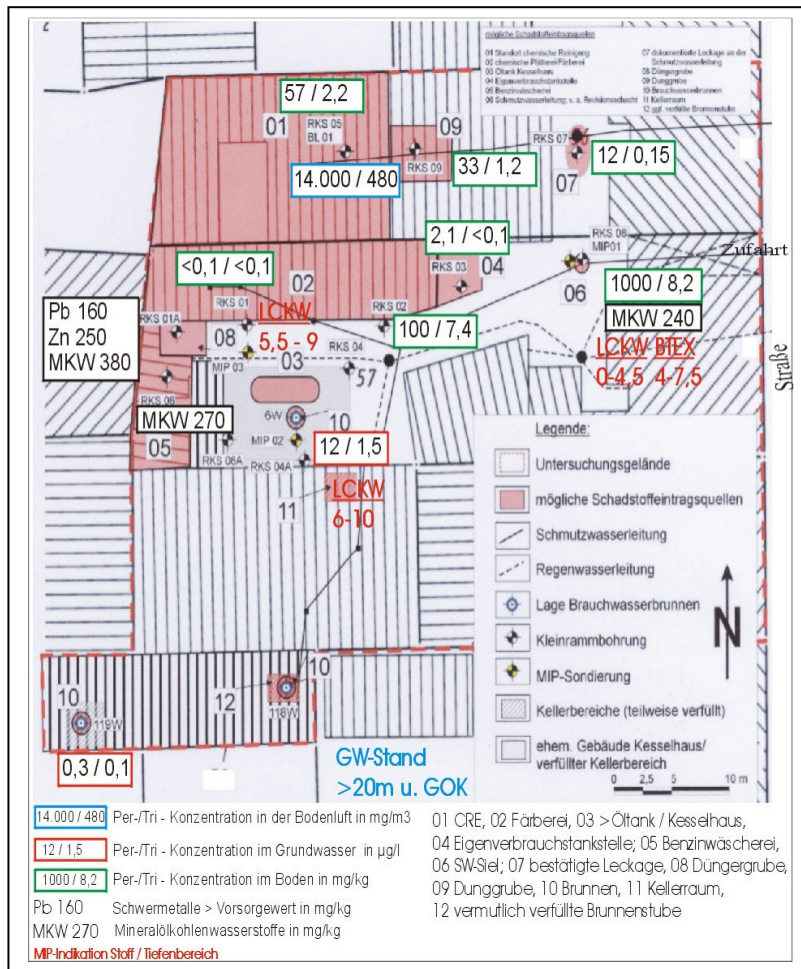
5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

Unter bis zu 2,2 m mächtiger, sandig-toniger anthropogener Auffüllung (umgelagerter Geschiebelehm/-mergel) folgt bis ca. 24,3 m u.GOK (nach MIP-Sondierung) Geschiebemergel mit Sandeinschaltungen. Darunter lagern bis 31,10 m u.GOK (nach Brunnenbohrungen) kiesige Sande, die wiederum Geschiebemergel überlagern. Ab 42,3 m u.GOK stehen bis zur Endteufe von max. 60 m u.GOK Sande und Kiese an, die von einer 3,5 m mächtigen Geschiebemergellage (48,0-51,5 m) untergliedert werden. Der Grundwasserspiegel im oberen Aquifer ist teils gespannt teils frei und liegt ca. 21 m u. GOK.. Der Druckspiegel im unteren Aquifer liegt bei ca. 25 m u.GOK. Die Durchlässigkeit des oberen Geschiebemergels für Wasser wird mit $>10^{-7}$ bis 10^{-8} m/s (gering durchlässig) abgeschätzt. Die Grundwasserfließrichtung ist vermutlich nach Osten gerichtet.



5.2 Schadstoffbelastung



Maximal wurden in der Bodenluft PER mit 14.000 mg/m³, TRI mit 480 mg/m³, und VC mit 4,5 mg/m³ detektiert.

Im Boden lag PER mit maximal 1.000 mg/kgTS und TRI mit 8,2 mg/kg TS vor. Daneben existieren geringe Belastungen durch MKW, BTEX und Schwermetalle (z.B. Pb > Vorsorgewert BBodSchV).

Um die in der Bodenluft nachgewiesenen PER-Konzentrationen für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet. Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zuzuordnen ist, und die Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.

Per-Konzentration Gas-/ Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
RKS 05/CRE	1,0-4,0m	
Henry-Konstante für 10 °C = 0,30		
RKS 05/BL01	14.000	46.666

Im Grundwasser (MIP2-ob.Aquifer) ist PER mit 12 µ/l und TRI mit 1,5 µg/l enthalten. Im unteren Grundwasserleiter (Betriebsbrunnen) wurde nur PER (0,3 µg/l) detektiert. Bei den MIP-Sondierungen wurde aus der Reaktion des DELCD-Detektors auf LCKW-Belastungen im Boden geschlossen. Die Schadstoffpeaks konzentrierten sich dabei auf die in allen MIP-Sondierungen in einer Tiefe von 6m bis 7 m angetroffene Sandschicht. In MIP03 wurden bei 7 m u.GOK die höchsten DELCD-Ausschläge registriert.

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

Per wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke ist ca. 20 m lang, ist also groß. Der Schadstofftransport erfolgt im bindigen Sediment relativ langsam. Wegen eingeschalteter feinkörniger Lagen kann es auch zu einer horizontalen Ausbreitung kommen. Es erfolgt evtl. ein Abbau (VC-Indikation in der

Bodenluft) und es besteht ein hohes Speichervermögen. Da im Bereich der höchsten LCKW-Gehalte in der Bodenluft der Boden vollständig versiegelt ist und somit kein Sickerwasser auftritt, ist insgesamt mit einer hohen Schutzfunktion auszugehen. Wegen des hohen Durchdringungsvermögens der LCKW wird bei diesen Stoffen häufig die Schutzfunktion dennoch vernachlässigt, insbesondere, wenn lokale konzentrierte Einträge anzunehmen sind. Die Verbreitung von LCKW in der sandigen Zwischenlage (ca. 6-7m u.GOK) weist jedoch auf eine stattfindende Durchdringung und weitere horizontale Verbreitung der Schadstoffe hin.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Eine Zuordnung der LCKW-Gehalte im Grundwasser im Rahmen einer Anstrom-/ Abstrombetrachtung ist nicht möglich.

Schadstoffpotential / Schadstoffquelle in der ungesättigten Zone

In der Bodenluft und im Boden sind z.T. hohe PER-Gehalte festzustellen. Infolge der großflächigen Versiegelung des sandigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase anzunehmen. Die hohen LCKW-Gehalte im Boden weisen auf ein nochvorhandenes **hohes Schadstoffpotenzial** hin.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Aufgrund der festgestellten hohen Boden- und Bodenluftbelastungen ist wegen der Mobilität der Schadstoffe trotz der mächtigen bindigen Sickerstrecke eine **Prüfwertüberschreitung** aktuell oder zukünftig **wahrscheinlich**.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser: Aufgrund der aus den Bodenluftgehalten abgeleiteten Gleichgewichtskonzentrationen in der Flüssigphase von über 46.000 µg/l kann geschlossen werden, dass es auf dem Standort der ehem. CRE und ggfs. wegen der deutlichen LCKW-Befunde im Verlauf der Sielleitung, (RKS 02, 08) am Ort der Beurteilung zu einer Überschreitung des Prüfwertes für LCKW von 10 µg/l kommt oder kommen wird.

Boden-Mensch: Die Belastung der Bodenluft durch PER und TRI bei BL01 ist erheblich und überschreitet entsprechende orientierende Bodenluft-Hinweiswerte der LABO (2009) zur Abschätzung von Gefährdungen von Menschen in Wohngebieten im Innenraum deutlich (PER: 70 mg/m³, TRI 20 mg/m³). Auch VC überschreitet knapp den orientierenden Hinweiswert von 4 mg/m³.

Der Altlastenverdacht hat sich bezüglich beider Wirkungspfade bestätigt. Eine weitergehende Erkundung im Rahmen einer Detailuntersuchung ist notwendig.

8. Empfehlung

Im Rahmen der Detailuntersuchung ist durch geeignete Messstellen im oberen Aquifer die Grundwasserfließrichtung zu bestimmen und im ermittelten Abstrom der CRE die Schadstoffkonzentration im GW zu ermitteln.

Innenraumluftmessungen im Erdgeschoss des ehem. CRE-Standortes (auch wegen evtl. belasteter Gebäudesubstanz) sind zur Abklärung des Wirkungspfadest Boden-Mensch durchzuführen.

Fallbeispiel Nr. 3

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	825 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	Mehrgeschossiges Wohn-/ Geschäftshaus, nicht unterkellert
Umfeldnutzung:	Wohn-/ Geschäftshäuser, z.T. unterkellert
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohn- und Geschäftshauses
Betriebszeiträume der CRE:	1968 - 1993
Weitere altlastrelevante Nutzung:	Weitere ehem. CRE unmittelbar in der Nachbarschaft östlich an Innenhof angrenzend.
Versiegelung:	Grundstück ist bis auf den ca. 150 m ² großen, befestigten Innenhof vollständig überbaut.
Entwässerung:	Separate Sielstränge für CRE sowie östliches Nachbargrundstück über Innenhof.
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER u. ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel. Ggfs. FCKW und BTEX.



Vorderfront mit Durchfahrt in den Hinterhof

Hinterhof – PER-Lagerplätze

2. Kontaminationshypothese

Standorte und Anzahl der Reinigungsmaschinen sind nicht bekannt. Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden im Bereich zweier ehem. PER-Lagerplätze im Innenhof sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft i. d. ungesättigten Zone, über das Sickerwasser ins GW; ggfs. aus belastetem Boden bzw. Fundament in die GebäudeInnenraumluft.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich einer holozänen limnisch-fluviatilen Randfazies die eiszeitlichen Ablagerungen aufliegt. Der Flurabstand wird mit ca. 2 m angenommen. Der Grundwasserabstrom erfolgt nach Süden bis Südwesten.

4. Untersuchungskonzept/-verfahren, Durchführung

LCKW und BTEX sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der rel. guten Durchlässigkeit der anstehenden Sandlagen mit geringem Rückhaltevermögen und wegen des geringen Flurabstandes ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich. Wegen des lange zurückliegenden Nutzungszeitraumes können die Schadstoffe das Grundwasser bereits erreicht haben.

Ziel/ Medium	Planung	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung und Sondiermöglichkeit festgesetzt. 7 RKS (BS DIN 4021) bis max. 9 m mit Ausbau zu 2"-GWM.	7 RKS und 6 GWM. Wegen extremer Leitungsdichte war die Wahl der Bohransatzpunkte eingeschränkt
Boden	Entnahme von Headspace-Proben im 1 m-Abstand bzw. bei Schichtwechsel.	Bodenproben aus den RKS wurden entnommen
Bodenluft	Bodenluftbeprobung, sofern geeignete ungesättigte Zone vorhanden	Bodenluftbeprobung wegen bindiger Auffüllung bis dicht über GW-Spiegel nur in 4 RKS möglich.
Grundwasser	Ausbau der RKS im Direktausbau mit 2"-Rammfiltern	Wegen geringer Ergiebigkeit Probenahme nur nach mehrmaligem Leerpumpen bzw. als Schöpfprobe möglich.

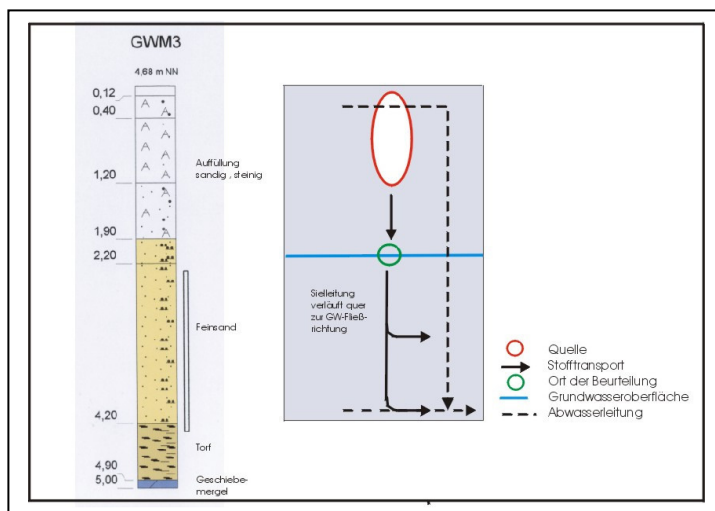
Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der anstehenden Wechsellagerung von sandigen und bindigen Ablagerungen sowohl Boden- und Bodenluft- als auch Grundwasseruntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste bei den Bodenluft-, Boden- und Grundwasserproben LCKW, FCKW und BTEX.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

Unter max. 3,4 m mächtigem, teils bindigem, teils sandigem anthropogenem Auffüllmaterial mit Bauschuttbeimengungen folgen bis in Tiefen von 4,2-5,5 m schluffige Feinsande, die teils kalkfreie Beckenschluffe, teils Torfe und Mudden überlagern. Der Flurabstand beträgt 1,9 – 2,8 m.

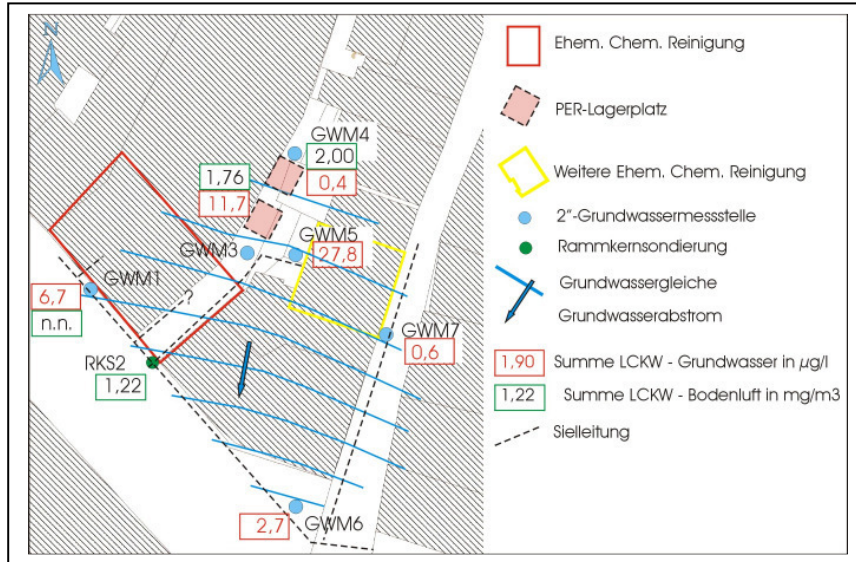
Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund der erbohrten teils schluffigen Feinsande mit ca. 10^{-6} m/s (gering durchlässig) und die Grundwasserströmungsgeschwindigkeit mit annähernd 9 m/a abgeschätzt. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden gerichtet. Auf der abstromigen Seite des Untersuchungsbereiches verläuft ca. 2 m unterhalb des Grundwasserspiegels quer zur Grundwasserfließrichtung ein Schmutzwassersiel



Der Stofftransport ist sowohl aus der Quelle über die Bodenpassage bis zum OdB und in die gesättigte Zone möglich als auch direkt über die aus den Gebäuden führenden Abwasserleitungen bis ins unterhalb des Grundwasserspiegels verlaufenden städtischen Schmutzwassersiels.

5.2 Schadstoffbelastung

In den Bodenluftproben wurden PER-Gehalte von max. 2,0 mg/m³ (RKS 4) und BTEX-Konzentrationen von max. 12,1 mg/m³ detektiert. Benzol war dabei nicht enthalten. Im Boden wurden weder LCKW noch FCKW bzw. BTEX nachgewiesen. Im Grundwasser lag PER mit einer Konzentration von max. 26 µg/l und TRI mit max. 1,8 µg/l vor.



Um die in der Bodenluft nachgewiesenen PER-Konzentrationen für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet. Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zugeordnet werden können, und die Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.

PER-Konzentration Gas-/ Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
	1,5 – 2,5 m	
Henry-Konstante für 10 °C = 0,30		
RKS 4	2,0	6,7

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke ist ca. 2,0 m lang, ist also gering. Der Schadstofftransport erfolgt innerhalb des inhomogenen Auffüllmaterials mit Sand-, Lehm- und Bauschuttanteilen relativ schnell. Es erfolgt evtl. ein Abbau und es besteht kein hohes Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone nur mäßig bis gar nicht gegeben**.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Es erfolgt ein nahezu ungehinderter Schadstofftransport und eine Verdünnung mit dem Grundwasser. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden orientiert. Die im Grundwasser bei GWM 1 und GWM 3 gemessenen Schadstoffgehalte lassen sich unter der Annahme, dass GWM 4 im Anstrom steht, der CRE zuordnen. Die bei GWM 5 gemessenen LCKW-Gehalte sind eher der östlichen CRE zuzuordnen.

Schadstoffpotential in der ungesättigten Zone

Sowohl in der Bodenluft als auch im Grundwasser wurden Indikationen auf relevante Untergrundbelastungen durch LCKW festgestellt. Infolge der großflächigen Versiegelung des sandigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase anzunehmen. Alle untersuchten Bodenproben waren frei von derartigen Belastungen. Der Eintragsbereich wurde nicht gefunden. Es ist anzunehmen, dass die im Grundwasser festgestellten PER-Gehalte durch weitere Einträge aus der ungesättigten Zone verursacht sind. Aus den Untersuchungsergebnissen ist jedoch allenfalls ein **geringes Schadstoffpotenzial** anzunehmen.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Eine **Prüfwertüberschreitung am OdB** ist im Bereich der GWM 3, sowie im Bereich der CRE im Anstrom an die GWM 1 **wahrscheinlich**.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser:

Es wird davon ausgegangen, dass der Prüfwert für PER am OdB geringfügig überschritten wird. Wegen des vermutlich (sehr) geringen Nachschubpotenzials an LCKW sowie des die weitere Ausbreitung einschränkenden Sielgrabens, des hohen Versiegelungsgrades und der Kleinräumigkeit der Untergrundbelastung wird jedoch eine umweltrelevante Grundwassergefährdung für nicht wahrscheinlich erachtet. **Der Altlastenverdacht kann zwar nicht aufgehoben werden, es werden jedoch weitergehende Maßnahmen im Rahmen einer Detailuntersuchung für nicht verhältnismäßig und für nicht erforderlich erachtet.** Einflüsse aus der benachbarten ehemaligen CRE sind nicht auszuschließen. Die Befunde aus der GWM 5 sind daher gesondert zu bewerten.

Boden-Mensch:

Es liegen keine Überschreitungen von orientierenden Hinweisen für flüchtige Stoffe in der Bodenluft bezüglich einer erheblichen Innenraumbelastung vor. Auch die weiteren Untersuchungen weisen nicht auf Gefährdungen über diesen Wirkungspfad hin.

8. Empfehlung

Im Falle evtl. zukünftig geplanter Eingriffe in den Untergrund sollte die zuständige Aufsichtsbehörde rechtzeitig informiert werden, um ggfs. Maßnahmen zur Minimierung des noch bestehenden Restrisikos einleiten zu können.

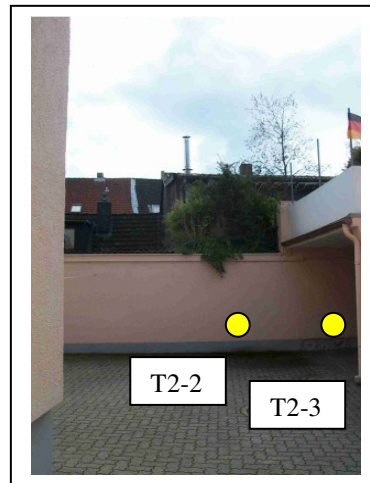
Fallbeispiel Nr. 4

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	144 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	teilunterkellertes, eingeschossiges Wohnhaus
Umfeldnutzung:	Wohnhäuser
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohnhauses
Betriebszeitraum der CRE:	1970 - 1981
Weitere altlastrelevante Nutzung:	keine
Versiegelung:	Das gesamte Grundstück ist mit Betonsteinpflaster bzw. Gehwegplatten versiegelt.
Entwässerung:	Sielleitung vor dem Haus
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel



Straßenansicht



Rückwärtige Seite des Innenhofs

2. Kontaminationshypothese

Eine Reinigungsmaschine (PER). Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft in die ungesättigten Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. Lagerung von Lösemittel im Innenhof und damit ggfs. aus belastetem Boden bzw. Fundamenten in die Innenraumluft im überdachten Innenhof.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich einer weichseleiszeitlichen Sandhochlage, an die randlich holozäne Torfe angelagert sind. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 3 bis 5 m. Der Grundwasserabstrom war unklar.

4. Untersuchungskonzept/-verfahren, Durchführung

LCKW sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der guten Durchlässigkeit der anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich. Wegen des lange zurückliegenden Nutzungszeitraumes können die Schadstoffe das Grundwasser ggfs. bereits erreicht haben.

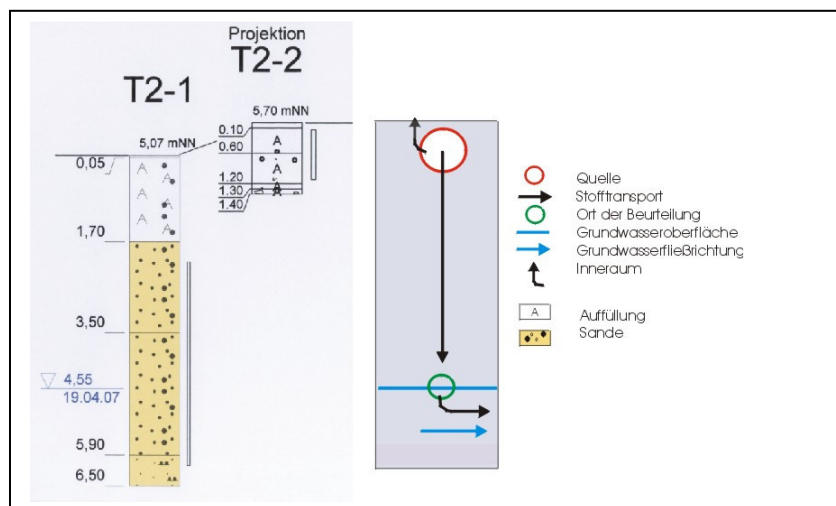
Ziel / Medium	Planung CRE	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt 2 RKS (BS DIN 4021) im überdachten Innenhof, 3 x 2"-Grundwassermessstellen.	Wegen Bohrhindernissen und schlechter Zugänglichkeit nur eingeschränkt durchführbar.
Boden	Entnahme von Bodenproben nur aus bindigem Bodenmaterial.	Nur bindiges Auffüllmaterial in der Sondierung T2-2 in 1,2 m Tiefe beprobt.
Bodenluft	Sofern möglich Bodenluftproben im Innenhof	RKS im Innenhof wegen Hindernissen in 0,55 m bzw. 1,4 m Tiefe abgebrochen. Provisorischer Einbau einer 1 m-langen Filterstrecke in der ungesättigten Bodenzone unterhalb der Betonsohle.
Grundwasser	3 Messstellen (DN 50 PVC). Aufbohren der RKS auf 80 mm mit Hohlbohrschnecke (HBS). Entnahme von GW-Proben (DIN 38402-A13)	Ausbau der Messstelle vor dem Wohnhaus als Kombimesstelle mit Filterstrecke über und unterhalb GW-Spiegel für Entnahme von Grundwasser- und Bodenluftprobe.

Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der anstehenden Wechsellagerung von sandigen und bindigen Ablagerungen sowohl Boden- und Bodenluft- als auch Grundwasseruntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und ergänzend BTEX und FCKW.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

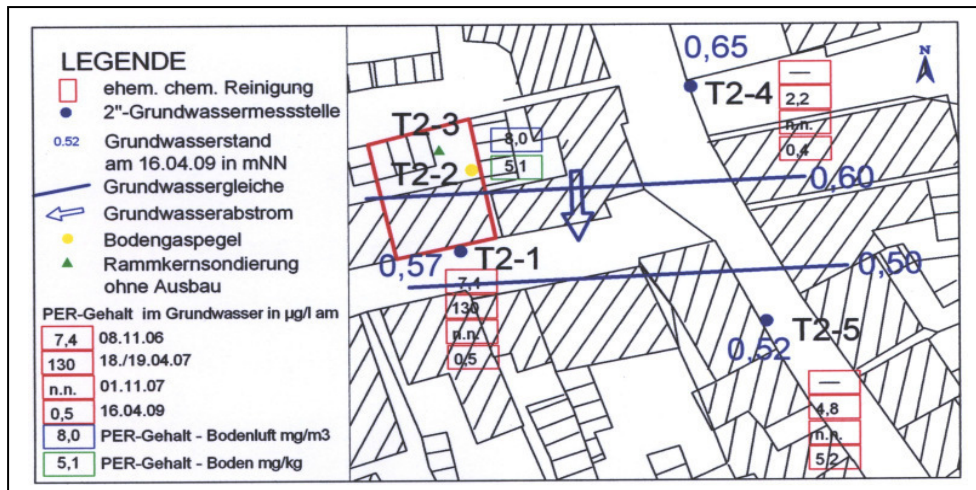
Unter bis zu 1,7 m mächtigem, sandigem anthropogenem Auffüllmaterial folgen bis zur Endteufe (max. 10 m) nach unten zunehmend feiner werdende Mittelsande. Der Flurabstand beträgt unmittelbar am ehem. CRE-Standort ca. 4,5 m. Die Basis des Wasserleiters ist unbekannt. Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund der erbohrten Mittelsande mit 10^{-4} bis 10^{-5} m/s abgeschätzt. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden gerichtet.



5.2 Schadstoffbelastung

In den Bodenluft- und Grundwasserproben wurden keine BTEX-Aromaten und FCKW nachgewiesen. Es wurde in der Bodenluft sowohl PER (max. 8 mg/m³) als auch TRI (bis max. 0,9 mg/m³) detektiert. Die Bodenprobe wies einen PER-Gehalt von 5,1 mg/kgTS auf. TRI war nicht vorhanden.

Die unmittelbar vor dem ehemaligen CRE-Standort auf der Abstromseite installierte Messstelle T2-1 wurde insgesamt 4 mal beprobt (11/06, 4/07, 11/07, 04/09). Die 1. Analyse wies einen LCKW-Gehalt von 7,5 µg/l aus. Die 2. Analyse einen von 160,8 µg/l und die dritte Analyse einen unterhalb der Nachweisgrenze. Die letzte Analyse (2009) ergab 0,5 µg/l.



Um die in der Bodenluft nachgewiesenen PER-Konzentrationen für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet. Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zugeordnet werden können, und die Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.

PER-Konzentration Gas-/Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
	0,2-1,2 m	
Henry-Konstante für 10°C = 0,30		
T2-2	8	27

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke ist ca. 4,5 m lang, hat also eine **mittlere** Länge. Der Schadstofftransport erfolgt in dem mittelkörnigen Sediment rasch und ungehindert. Wegen eingeschalteter feinkörniger Lagen kann es auch zu einer horizontalen Ausbreitung kommen. Es erfolgt kein Abbau und es besteht kein Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone vernachlässigbar**.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Es erfolgt ein ungehinderter Schadstofftransport und eine Verdünnung mit dem Grundwasser. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden gerichtet. Die ermittelten Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser von T2-1 sind in erster Näherung dem Grundstück zuzuordnen, auch wenn eine Anstrommessstelle fehlt. Eine solche wäre für die abschließende Zuordnung noch notwendig. Die stark schwankenden Grundwasserbefunde lassen eine Abschätzung der Sickerwasserkonzentration aus diesen Befunden (noch) nicht zu.

Schadstoffpotential

In der Bodenluft und im Boden wurden z.T. erhöhte PER-Gehalte festgestellt. Infolge der großflächigen Versiegelung des sandigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase anzunehmen. Die abgeleitete Gleichgewichtskonzentration in der Flüssigphase von ca. 27 µg/l korrespondiert jedoch nicht mit den ermittelten Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser von T2-1. Der Nachweis von PER im Boden im Innenhof weist auf eine dort existierende Eintragstelle hin. Aufgrund der aus dem Bodenluftgehalt abgeleiteten Gleichgewichtskonzentration, bzw. der Überschreitung der ergänzenden Beurteilungswerte nach Anhang 4 der Hinweise des LANU von 2007 ist ein **geringes bis mittleres Schadstoffpotenzial** anzunehmen.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Eine **Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung** ist im Bereich des Innenhofs (ggfs. PER-Lagerung) zwar **zu vermuten**; insgesamt reichen die Verdachtsmomente jedoch nicht aus, so dass eine **abschließende Beurteilung nicht möglich** ist.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser: Die Abschätzung der Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung ist nicht eindeutig genug, um den Altlastenverdacht zu bestätigen. Der zweimalige Negativbefund in der Messstelle T2-1 nach anfänglichen höheren Werten, lässt, dass es bei den früheren Probenahmen evtl. zu Verschleppungen gekommen ist. Der **Altlastenverdacht kann noch nicht abschließend geklärt werden**.

Boden-Mensch: Der im Innenhof (T2-2) ermittelte PER-Gehalt im Boden (5,1 mg/kgTS) liegt deutlich über dem orientierenden Hinweiswert der LABO (09.09.04) und in der Bodenluft sind an diesem Punkt merkliche Gehalte von LCKW nachgewiesen worden. Demzufolge kann an diesem Standort der Altlastenverdacht für den Wirkungspfad Boden-Mensch bestätigt werden.

8. Empfehlung

Angesichts der vorliegenden Befunde wird empfohlen die Messstelle T2-1 erneut zu beproben. Nach Klärung der Zugänglichkeit des Kellerraumes und Überprüfung der Kellerwände und -sohle sind ggfs. Raumluftmessungen durchzuführen

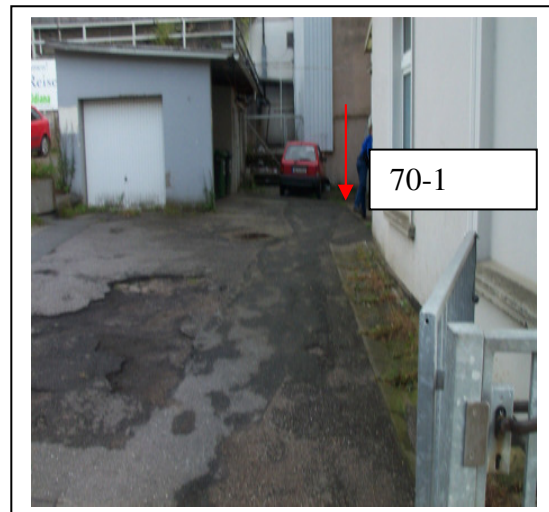
Fallbeispiel Nr. 5

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	563 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	mehrgeschossiges Wohn-/ Geschäftshaus ohne Keller.
Umfeldnutzung:	Wohn- und Geschäftshäuser,
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohn- und Geschäftshauses
Betriebszeitraum der CRE:	1986-1992
Weitere altlastrelevante Nutzung:	Parkplatz und evtl. ehem. Lagerfläche für Lösemittel- Abfälle nördlich des Grundstücks
Versiegelung:	Das gesamte Grundstück ist mit Pflaster bzw. Schwarz- decke versiegelt.
Entwässerung:	Schmutzwassersiel in der Straße südlich des Grund- stücks
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungs- mittel



Seiteneingang mit Bohrstandort 70-2



**Rückseite des Gebäudes (ehem. Lager-
platz) mit Bohrstandort 70-1**

2. Kontaminationshypothese

Zwei Reinigungsmaschinen (PER) und Fasslager mit PER-Rückständen auf dem Hinterhof. Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über die Bodenluft in die ungesättigten Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. aus belasteter Gebäudesubstanz in die Innenraumluft im Erdgeschoss des Wohngebäudes.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Übergangsbereich einer nach Norden ansteigenden weichseleiszeitlichen Randmoräne mit überlagernder Wechselfolge aus spätglazialen bis holozänen Beckensedimente, Flusssanden, Torfen und Mudden. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 2,8 m. Der Grundwasserabstrom ist generell nach Süden gerichtet.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

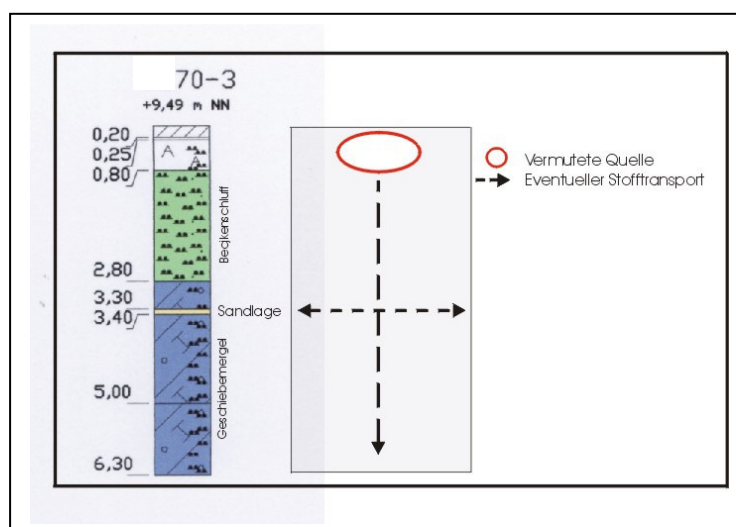
LCKW sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der möglichen guten Durchlässigkeit der evtl. anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich.

Ziel / Medium	Planung CRE	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung und örtlichen Gegebenheiten festgelegt. 4 RKS (DIN 4021) bis ca. 5 m und ggfs. Ausbau zu 2"-Messstelle	70-1 mit Kleinbohrgerät, 70-2 als Rammkernsondierung. Gepl. RKS vor dem Gebäude wegen Anhäufung von Ver-/Entsorgungsleitungen nicht möglich. RKS innerhalb des Gebäudes (70-3).
Boden	Beprobung nur von bindigem Boden.	Beprobung der drei Bohrungen in verschiedenen Teufen
Bodenluft	Wegen erwartetem geringen Flurabstand und überwiegend bindigem Sediment nicht vorgesehen	
Grundwasser	2 Messstellen (DN 50 PVC) Filter über und unter GW-Spiegel um ggfs, auch Bodenluftproben gewinnen zu können). Aufbohren der RKS auf 80 mm mit Hohlbohrschnecke (HBS). Entnahme von GW-Proben (DIN 38402-A13)	Kein Ausbau zu GWM, da nur Geschiebemergel.

Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der bindig ausgeprägten ungesättigten Zone hauptsächlich Boden- und Grundwasseruntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW.

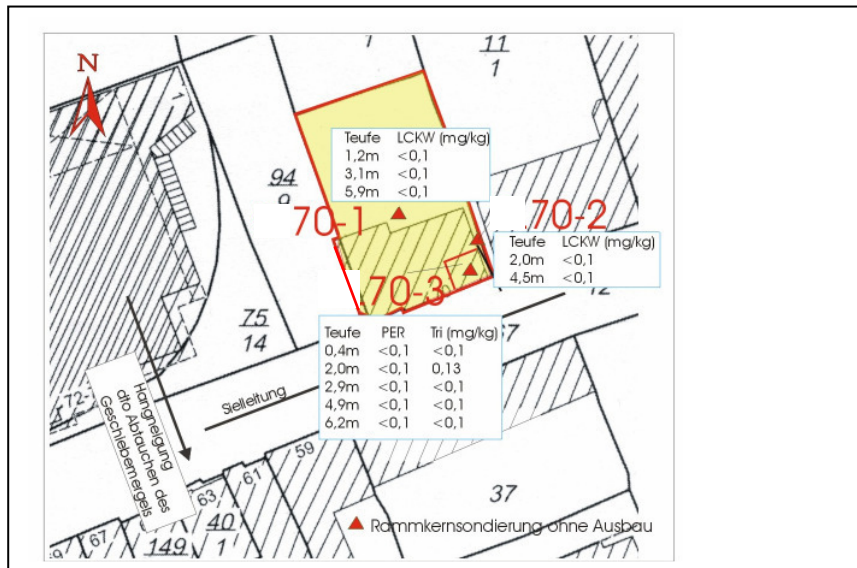
5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie



Unter 0,8 – 1,5 m mächtigem, überwiegend bindigem, anthropogenem Auffüllmaterial folgt bis zur Endteufe (max. 6,3 m) trockener bis erdfeuchter bindiger Boden (Beckenschluff bzw. Geschiebelehm/-mergel). Nur in 70-2 ist zwischen Auffüllung und Beckenschluff noch eine trockene Sandlage eingeschaltet. Grundwasser wurde nicht angetroffen. Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund des erbohrten bindigen Materials (Beckenschluff bzw. Geschiebemergel) mit $<10^{-7}$ bis $^{-9}$ m/s (gering durchlässig) abgeschätzt.

5.2 Schadstoffbelastung



Die Entnahme von Bodenluftproben war auf Grund der bindigen Bodenart nicht möglich.

Es wurde kein Grundwasser angetroffen.

In den Bodenproben wurde nur in 2 m Tiefe eine geringe Trichlormethan-Indikation festgestellt (70-3; 0,13 mg/kgTS).

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke beträgt über 6,3 m, hat also eine große Länge. Der Schadstofftransport erfolgt in dem bindigen Sediment langsam. Wegen eingeschalteter sandiger Lagen kann es auch zu einer horizontalen Ausbreitung kommen. Mikrobiologischer Abbau ist möglich und es besteht ein hohes Speichervermögen. Wegen des hohen Durchdringungsvermögens der LCKW wird bei diesen Stoffen häufig die Schutzfunktion vernachlässigt, insbesondere wenn lokale konzentrierte Einträge anzunehmen sind. Bei den gegebenen Verhältnissen die Schutzfunktion als mindestens **mittel** anzusehen.

Gesättigte Zone

Es wurde kein Grundwasser angetroffen.

Schadstoffpotential

In keiner der entnommenen Bodenproben sind reinigungstypische LCKW-Belastungen nachgewiesen worden.

7. Bewertung

Es wurden bei den Untersuchungen keine relevanten LCKW-Indikationen festgestellt. Der Untergrund ist fast ausschließlich aus trockenen und bindigen Ablagerungen aufgebaut, in denen keine nennenswerte Wasserbewegung stattfinden kann. **Es besteht kein begründbarer Altlastenverdacht.**

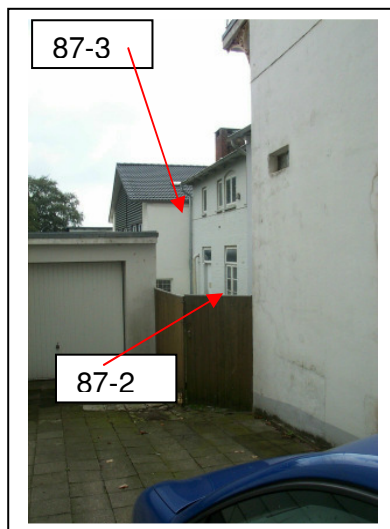
8. Empfehlung

Es besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

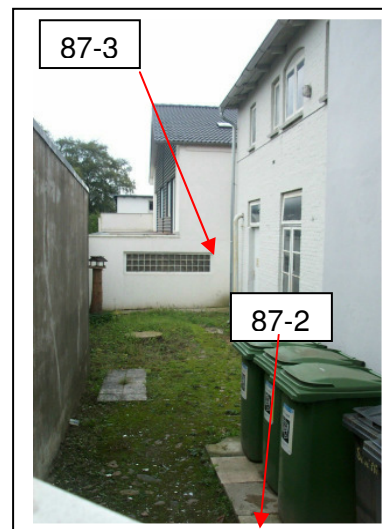
Fallbeispiel Nr. 6

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	343 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	unterkellertes, mehrgeschossiges Wohn-/ Geschäftshaus
Umfeldnutzung:	Wohn- und Geschäftshäuser
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohn- und Geschäftshauses
Betriebszeitraum der CRE:	1971-1987
Weitere altlastrelevante Nutzung:	keine
Versiegelung:	Bis auf schmalen Bereich vor dem Hinterhaus ist das Grundstück vollkommen überbaut.
Entwässerung:	Vorderhaus entwässert nach Norden das Hinterhaus und der Keller entwässern nach Süden
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel



Zugang zum hinteren Gebäudeteil



Unversiegelter Bereich vor dem Hinterhaus. Sielleitung verläuft nach Süden

2. Kontaminationshypothese

Fünf Reinigungsmaschinen. Einträge über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft in die ungesättigte Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. aus belasteter Gebäudesubstanz in die Innenraumluft im Keller des Wohngebäudes.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Übergangsbereich einer nach Norden ansteigenden weichseleiszeitlichen Randmoräne mit überlagernder Wechselfolge aus spätglazialen bis holozänen Beckensedimente, Flusssanden, Torfen und Mudden. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 1,75 - 3,1 m. Der Grundwasserabstrom ist generell nach Süden gerichtet.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

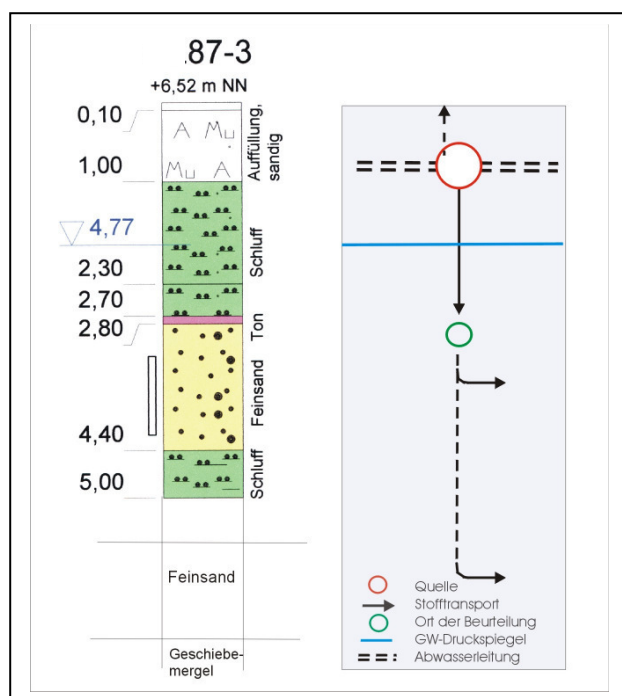
LCKW sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen möglicher guter Durchlässigkeit der evtl. anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser.

Ziel / Medium	Planung CRE	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung und Zugänglichkeit festgelegt. 4 RKS (BS DIN 4021) bis 5 m ggfs. Ausbau zu GWM (DN50).	Bohrtiefen 5 bis 8 m
Boden	Beprobung nur von bindigem Boden.	Beprobung von Top und Basis bindiger Schichten
Bodenluft	Wegen erwartetem geringen Flurabstand und überwiegend bindigem Sediment nicht vorgesehen.	
Grundwasser	4 Messstellen (DN 50 PVC). Davon 2 Stk im Direktausbau mit Rammfilter und 2 nach Aufbohren mit Hohlbohrschnecke (HBS). Entnahme von GW-Proben (DIN 38402-A13).	GWM im Direktausbau nur in erster wasserführender Schicht. Filterstellungen den örtl. Gegebenheiten angepasst 1m, 3m

Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der bindig ausgeprägten ungesättigten Zone hauptsächlich Boden- und Grundwasseruntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und ergänzend BTEX.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

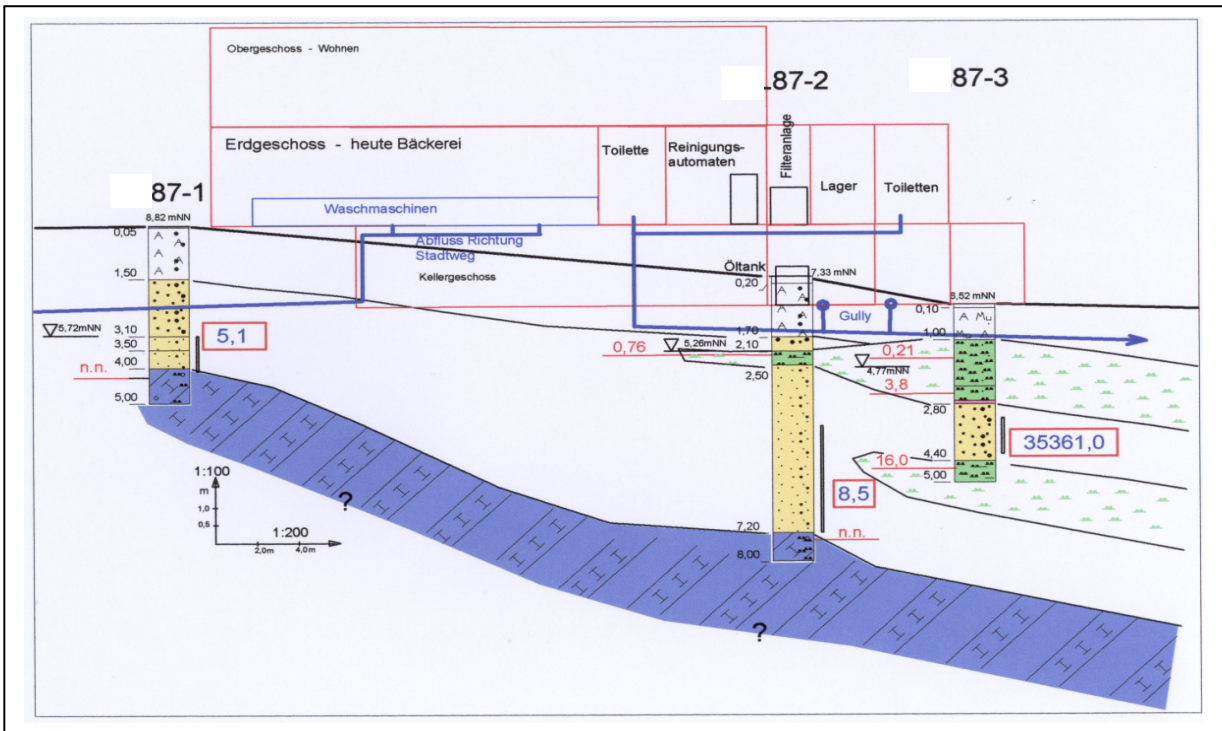


Übersicht

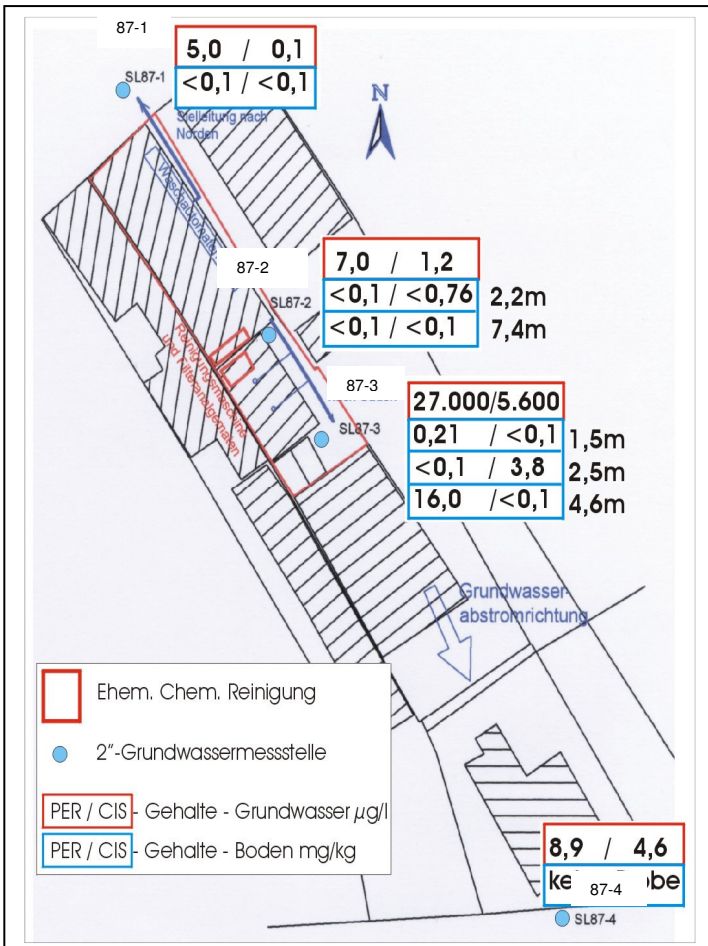
Im Norden des Grundstücks stehen 2,5m mächtige Sande an, die einem Geschiebemergel aufliegen. Dieser taucht nach Süden ab. Die hangenden Sande nehmen dabei an Mächtigkeit zu und werden weiter südlich durch zwei Beckenschlufflagen untergliedert.

Bereich Schadstoffquelle

Unter 1,0 bis 1,7 m mächtiger, bindig-sandiger Auffüllung folgt zunächst nach Norden auskeilender Beckenschluff (0,8 – 1,6 m). Darunter liegen Mittelsande bis 4,4 m u.GOK. Bis Endteufe von 5,0 m steht Schluff an.



5.2 Schadstoffbelastung



In den Bodenproben wurden sowohl BTEX-Aromaten (0,27 mg/kgTS) als auch LCKW (max. 16 mg/kgTS) nachgewiesen. Es wurde sowohl PER (16 mg/kgTS) als auch CIS (max. 3,8 mg/kgTS) detektiert. In RKS 87-3 ist eine Zunahme der LCKW-Gehalte zur Tiefe hin zu beobachten.

Im Grundwasser wurde ein LCKW-Gehalt von max. 35.361 µg/l festgestellt.

Darin sind PER mit 27.000 µg/l, TRI mit 2.400 µg/l und CIS mit 5.600 µg/l enthalten.

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke ist ca. 1,8m lang, ist also kurz. Der Schadstofftransport ist wegen des zunächst anstehenden Beckenschluffs eingeschränkt. Der Schluff kann jedoch ggfs. infolge der Eingriffe beim Bau der Sielleitung und der Kontrollschächte durchstoßen worden sein und Störungen aufweisen. Es erfolgt partieller Abbau und es besteht ein geringes Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone vernachlässigbar**.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Es erfolgt ein ungehinderter Schadstofftransport und eine Verdünnung mit dem Grundwasser. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden gerichtet. Trotz eines PER-Nachweises von 5 µg/l im Anstrombrunnen ist die erhebliche **Grundwasserbelastung** im Abstrom mit über 35.000 µg/l **eindeutig auf die CRE zurückzuführen**. Ein Eintrag zwischen 87-3 und 87-2 ist wahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass auf dieser Strecke ein massiver Eintrag von Lösungsmitteln (über die nach Süden gerichtete Sielleitung) stattgefunden haben muss.

Schadstoffpotential / Schadstoffquelle in der ungesättigten Zone

Im Boden und im Grundwasser sind z.T. hohe PER-Gehalte festzustellen. Zwischen den Messstellen 87-2 und 87-3 erfolgt eine starke Zunahme der LCKW-Belastung. Der genaue Eintragsort ist nicht lokalisiert, muss sich aber im Abstrom der Messstelle 87-3 befinden. Es ist mit einem **hohen Schadstoffpotenzial** in der ungesättigten Zone und/oder in bindigen Zwischenschichten der gesättigten Zone zu rechnen.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Aufgrund der festgestellten hohen Boden- und Grundwasserbelastungen in 87-3 muss auch im Bereich der Eintragsstelle zwischen 87-2 und 87-3 und **am OdB eine massive Prüfwertüberschreitung** vorliegen.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser:

Eine massive Prüfwertüberschreitung am OdB ist nachgewiesen. **Somit hat sich der Altlastenverdacht für diesen Standort bestätigt**. Eine weitergehende Erkundung im Rahmen einer Detailuntersuchung ist notwendig.

Boden-Mensch:

Trotz der eher niedrigen LCKW-Gehalte in den oberen, gebäudenahen Bodenproben von 87-2 u. 3 ist im Bereich der Eintragsstelle mit hohen Bodenbelastungen zu rechnen. Wegen der sehr hohen LCKW-Belastung im Grundwasser und mit Sicherheit auch am Eintragsort (unterhalb der Sielleitung) können über den Rohrgraben und über die vermutlich undichten Sielleitungen Ausgasungen aus dem kontaminierten Boden und Grundwasser in die Gebäude gelangen.

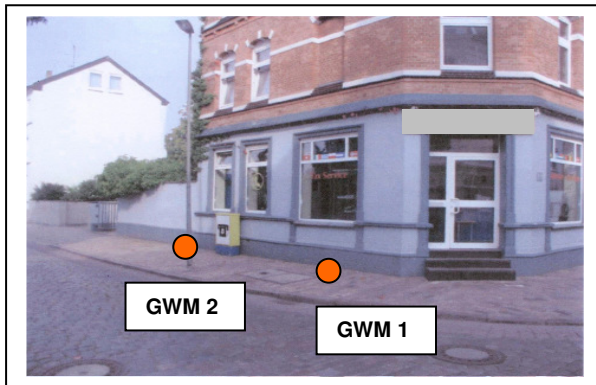
8. Empfehlung

Im Rahmen der Detailuntersuchung ist durch zusätzliche Messstellen der Untergrundaufbau im Verlauf der nach Süden gerichteten Sielleitung genauer zu erkunden und die verschiedenen wasserleitenden Horizonte sind zu beproben. Neben dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser ist der Pfad Boden-Mensch einzubeziehen. Dazu sollte u.a. eine Dichtigkeitsprüfung der Sielleitungen durchgeführt werden.

Fallbeispiel Nr. 7

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	378 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	unterkellertes, mehrgeschossiges Wohn-/Geschäftshaus
Umfeldnutzung:	Wohn- und Geschäftshäuser
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohn- und Geschäftshauses
Betriebszeitraum der CRE:	1956-1981
Weitere altlastrelevante Nutzung:	1979-1981 Textilfärberei –nicht bestätigt-
Versiegelung:	Das Grundstück ist nahezu vollständig mit Betonsteinpflaster bzw. Gehwegplatten versiegelt.
Entwässerung:	Abwasserleitung auf der Hofseite
Vermutetes Schadstoffinventar:	CRE: LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel Färberei: BTEX, LCKW (Schwermetalle, Phenole, Cyanide, Chlorbenzole, wegen fehlender Hinweise bislang nicht berücksichtigt).



Straßenansicht; ehem. CRE im Erdgeschoss



Hof mit Standort GWM 3

2. Kontaminationshypothese

Eine Reinigungsmaschine (PER) im EG und Lagerung von Reinigungsmaschinen in einem Schuppen im Hinterhof. Alter Anbau wurde abgebrochen; Schutt wurde zur Verfüllung des Kellers unter dem Anbau genutzt. Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen, Ausbreitung über Bodenluft in die ungesättigte Zone über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. aus belastetem Boden bzw. Fundament in die Gebäude-Innenraumluft.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich eines großräumig ausgedehnten weichseleiszeitlichen Sanders. Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 2,5 m (0,5 m u. Kellersohle). Der Grundwasserabstrom ist in südliche Richtung orientiert.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

LCKW und BTEX sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der guten Durchlässigkeit der anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich. Wegen des lange zu-

rückliegenden Nutzungszeitraums haben Schadstoffe das Grundwasser ggfs. bereits erreicht.

Ziel / Medium	Planung	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt. 3 RKS (DIN 4021) bis 6 m (60mm), 3 temporäre GWM DN50 nach Aufbohren auf 80mm	Untersuchung gem. Planung
Boden	Bei Hinweisen auf Bodenkontaminationen (z.B. aufgrund der PID-Messungen zusätzlich Bodenproben.	Entnahme von Bodenmischproben für C _{org.} und MKW und Headspaceproben.
Bodenluft	Erste orientierende Messungen auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) mit einem Photo-Ionisations-Detektor (PID) im offenen Bohrloch und am Bodenmaterial. Entnahme mittels einer Sonde (System Stitz) mit Packer aus 3m Tiefe.	PID-Messungen im offenen Bohrloch. VOC nur in BS3. Bei BS2 Gasgeruch, 12,5 VOL%-Methan! Defekter Gas-Hausanschluss. In BS1-3 Einbau einer temporären Bodenluftsonde mit 1 m Filter. Probenahme mit kont. Messung von O ₂ .
Grundwasser	3 temporäre Messstellen (DN 50 HDPE, UK-Filter 2 m u. GW-Spiegel. Entnahme von GW-Proben. Ggfs. Ausbau von festen Grundwasseressstellen.	3 temporäre Messstellen. Nach Vorliegen der Analytik Ausbau von 2 festen Messstellen auf öffentl. Grund. 3. Messstelle im Hof vom Eigentümer nicht genehmigt, Bau auf Nachbargrundstück

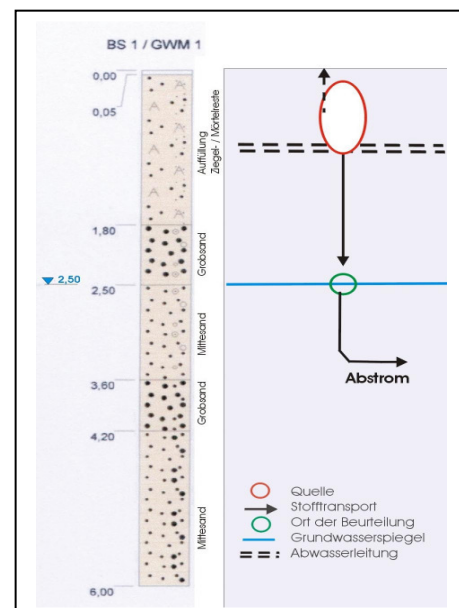
Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der sandig ausgeprägten ungesättigten Zone und des rel. geringen Fluranstandes hauptsächlich Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen sowie ggfs. ergänzende Bodenuntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und BTEX.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

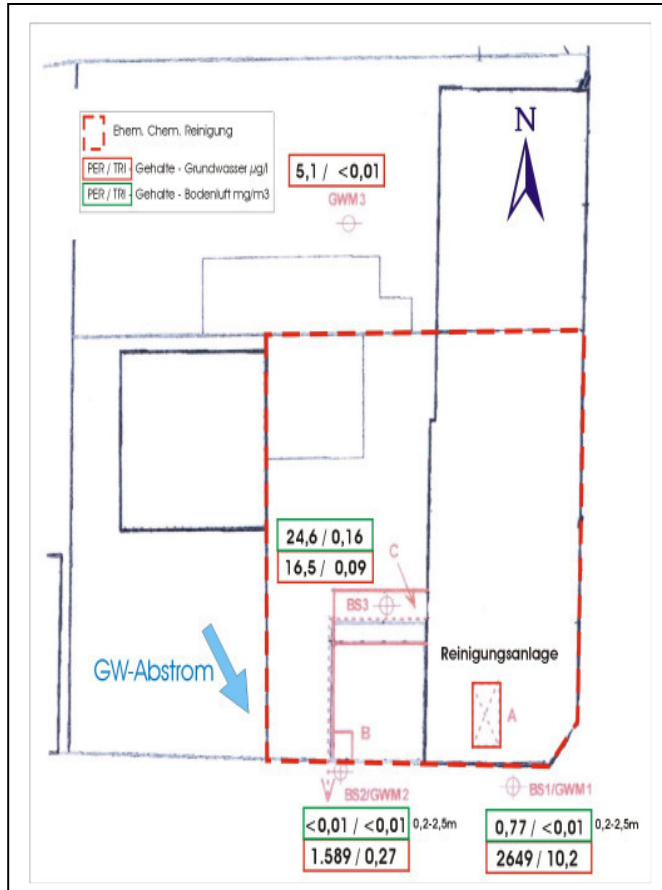
Unter max. 1,8 m mächtigem, anthropogenem Auffüllmaterial (sandig, Bauschutt- und Mörtelreste) folgen bis zur Endteufe (6 m) kalkfreie weichseleiszeitliche Grob- bis Mittelsande mit Kieslagen und feinsandigen Beimengungen. Der Flurabstand liegt bei 2,5 m.

Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund der erbohrten kiesigen Grob- und Mittelsande mit 10^{-3} m/s (stark durchlässig) abgeschätzt. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Südost gerichtet.



5.2 Schadstoffbelastung

In den Bodenluft- und Grundwasserproben wurden keine BTEX-Aromaten nachgewiesen. In der Bodenluft wurde PER (24,6 mg/m³) und TRI (0,16 mg/m³) detektiert. VC war nicht nachweisbar. Die geringen PER-/TRI-Gehalte in BS1 und BS2 sind vermutl. auf die Abschottung durch tiefreichende Fundamente zurückzuführen.



Im Grundwasser lag PER mit max. 2.649 µg/l und TRI mit 10,2 µg/l vor. CIS wurde mit max. 0,7 µg/l angetroffen.

Um die in der Bodenluft nachgewiesenen PER-Konzentrationen für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet.

Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zugeordnet werden können, und die Gleichgewichtsbodenlösung noch kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.

Per-Konzentration Gas-/ Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
	0,2 - 3 m	
Henry-Konstante für 10 °C = 0,30		
BS3	24,6	82

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke beträgt ca. 2,5 m und ist somit kurz. Der Schadstofftransport erfolgt in dem grobkörnigen Sediment rasch und ungehindert. Wegen eingeschalteter feinkörniger Lagen kann es auch zu einer horizontalen Ausbreitung kommen. Es erfolgt kein Abbau und es besteht kein Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone vernachlässigbar**.

Gesättigte Zone /Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Es erfolgen ein ungehinderter Schadstofftransport und eine Verdünnung mit dem Grundwasser. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Südost gerichtet. Der deutliche Anstieg der PER-Konzentrationen von Anstrom zu Abstrom weist auf **erhebliche Einträge** aus dem Grundstück hin. Der Nachweis einer sehr deutlichen Überschreitung von Beurteilungswerten im Grundwasser an zwei Messstellen entlang der abstromigen Grundstücksgrenze weist auf einen starken Eintrag, mehrere Eintragsorte oder einen zusätzlichen Ausbreitungsmechanismus quer zur Grundwasserfließrichtung (ggfs. entlang tieferreichender Fundamente) hin.

Schadstoffpotential

In der Bodenluft und im Grundwasser sind z.T. hohe PER-Gehalte festzustellen. Infolge der großflächigen Versiegelung des sandigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase anzunehmen. Die abgeleiteten Gleichgewichtskonzentrationen korrespondieren jedoch nicht mit den ermittelten Schadstoff-Konzentrationen im Grundwasser. Durch die Messstellen konnte der genaue Eintragsort damit nicht festgestellt werden. Es ist anzunehmen, dass die im Grundwasser festgestellten erhöhten PER-Gehalte durch Einträge aus der ungesättigten Zone oder aus dem Übergangsbereich zur ungesättigten Zone verursacht sind oder auch weiterhin verursacht werden können. Aus den Untersuchungsbefunden kann ein **mittleres bis hohes Schadstoffpotenzial** abgeleitet werden.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Eine **deutliche Prüfwertüberschreitung am OdB ist im Bereich der CRE wahrscheinlich**. Der genaue Eintragsort und das Ausmaß der noch vorhandenen Belastung der ungesättigten Zone sind unbekannt.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser:

Aufgrund der Bodenluftuntersuchungen insbesondere aber aus den Grundwasseruntersuchungen kann auf eine Prüfwertüberschreitung auf dem CRE-Grundstück im Bereich der (noch nicht hinreichend bekannten Eintragsstelle) geschlossen werden. **Der Altlastenverdacht ist hiermit bestätigt**. Eine weitergehende Erkundung im Rahmen einer Detailuntersuchung ist notwendig, zumal das Grundstück in der Schutzzone IIIB eines Wasserwerkes liegt.

Boden-Mensch:

Die Bodenluftgehalte bei GWM 1 und 2 müssen wegen der tieferreichenden Fundamente an dieser Stelle nicht repräsentativ für die Bodenluft unterhalb der Fundamentplatte sein. Die hohen Gehalte im Grundwasser lassen auf ein mittleres bis hohes Schadstoffpotenzial in der ungesättigten Zone (ggfs. unterhalb oder randlich des Gebäudes) schließen, das über die Bodenluft zu Innenraumbelastungen führen kann. **Auch für diesen Wirkungspfad besteht daher der Gefahrenverdacht fort.**

8. Empfehlung

Im Rahmen der Detailuntersuchung ist durch zusätzliche Messstellen die Eintragsstelle genauer zu lokalisieren und die Ausdehnung der Schadstofffahne zu erkunden. Dabei ist der Pfad Boden-Mensch einzubeziehen, da Schadstoffanreicherungen unterhalb der Sohlplatte möglich sind.

Fallbeispiel Nr. 8

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	460 m ²
Zulässige Nutzung:	Mischgebiet lt. B-Plan
Aktuelle Nutzung:	teilunterkellertes, mehrgeschossiges Wohn-/ Geschäftshaus
Umfeldnutzung:	Wohn- und Geschäftshäuser
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohn- und Geschäftshauses
Betriebszeitraum der CRE:	1973 - 1991
Versiegelung:	Vollständiger Versiegelung
Entwässerung:	SW-Siel am Nordrand des Gebäudes
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel



Standplatz ehem. Reinigungsmaschine



Straßenfront, Lage RKS 05

2. Kontaminationshypothese

Eine Reinigungsmaschine (PER). Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft i. d. ungesättigte Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser; ggfs. aus belasteter Gebäudesubstanz in die Innenraumluft im Keller des Wohngebäudes.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich weichseleiszeitlicher Nachschüttssande über Beckenschluff bzw. örtlich über Geschiebemergel.

4. Untersuchungskonzept/-verfahren, Durchführung

LCKW sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der guten Durchlässigkeit der anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich. Wegen des lange zurückliegenden Nutzungszeitraums können die Schadstoffe das Grundwasser ggfs. bereits erreicht haben.

Ziel / Medium	Planung CRE	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt. 4 RKS (BS DIN 4021) bis 10 m min. 60mm	Wegen starkem Relief der Sohlschicht 8 RKS ausgeführt.
Boden	Keine Beprobung vorgesehen	Keine Bodenproben
Bodenluft	Bodenluftbeprobung aus temp. Bodenluftsonden	Bodenluftbeprobung nur in RKS 5 und 6 aus 1 1/4"-Sonden
Grundwasser	Messstellen im Direktausbau (DN 50 HDPE) Entnahme von GW-Proben (DIN 38402-A13).	Wegen hochliegendem Beckenschluff Ausbau nur bei RKS 1 und RKS 2 möglich. Andere Bohrungen trocken, Bei RKS 8 vermutl. Stauwasser.

Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der sandig ausgeprägten ungesättigten Zone und des rel. geringen Flurabstandes hauptsächlich Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und ergänzend FCKW.

5. Untersuchungsergebnisse

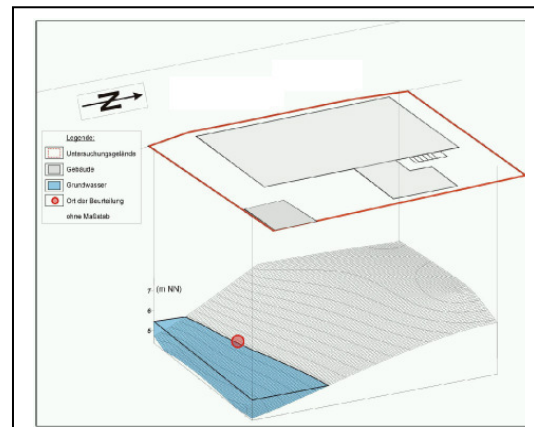
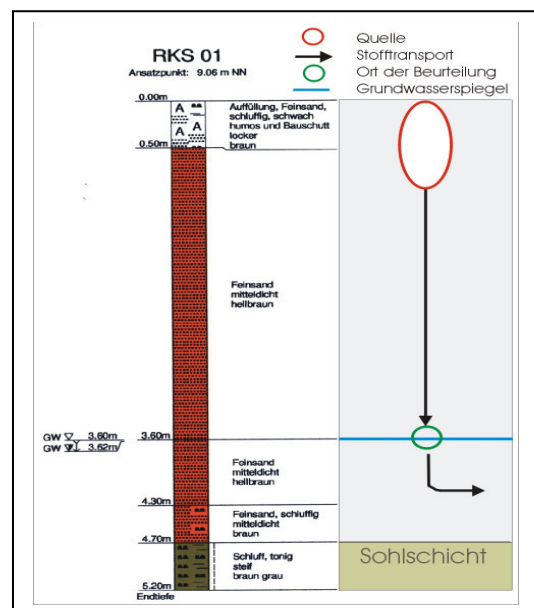
5.1 Geologie-Hydrogeologie

Unter 0,5–1,2 m mächtigem, anthropogenem Auffüllmaterial folgt bis max. 4,7 m u.GOK nach Nordosten auskeilender weichseleiszeitlicher Feinsand über Geschiebemergel (max. Endteufe 5,0 m).

Die Sohlschicht des oberen Grundwasserleiters taucht von der nördlichen zur südlichen Grundstücksgrenze um ca. 2,7 m ab.

Grundwasser wurde nur am südlichen Grundstücksrand angetroffen. Der Flurabstand liegt bei ca. 3,6 m u.GOK. Im nördlichen Teil des Grundstücks ragt die Geschiebemergel-Sohlschicht aus dem Grundwasser als trockene Insel heraus.

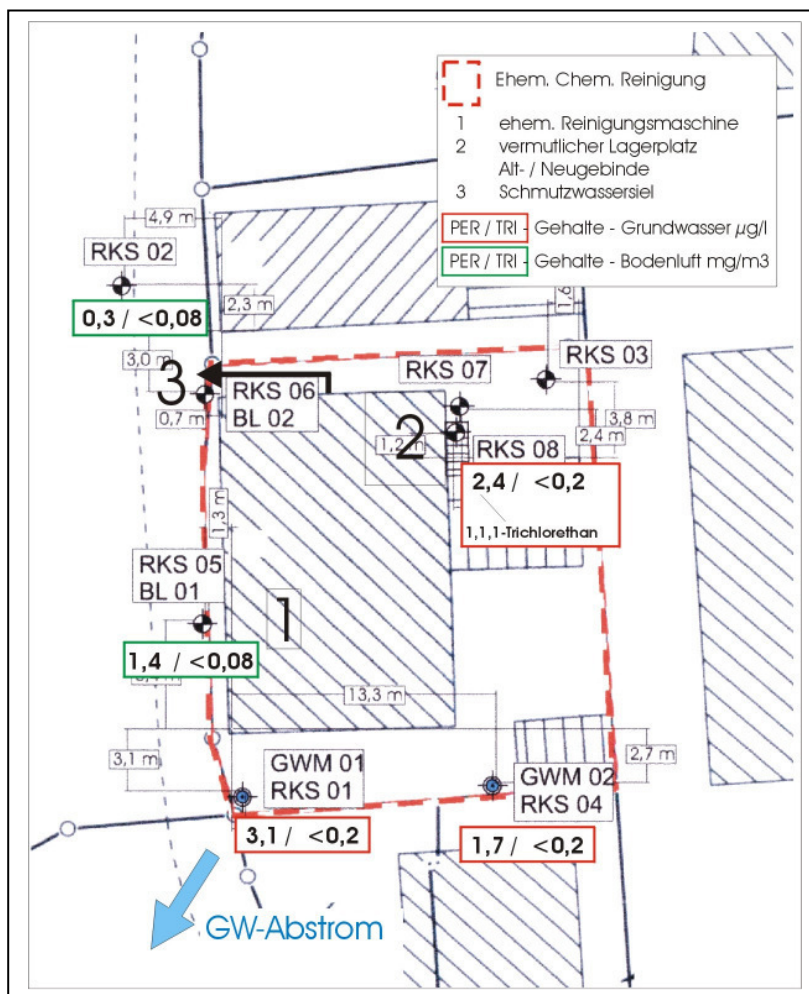
Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund der erbohrten Feinsande mit $>10^{-5}$ bis 10^{-6} m/s (durchlässig bis gering durchlässig) abgeschätzt. Die Grundwasserfließrichtung ist vermutlich nach Südwest gerichtet.



5.2 Schadstoffbelastung

In der Bodenluft wurde nur PER (max. 1,4 mg/m³) detektiert. VC war nicht nachweisbar. Im Grundwasser wurde PER mit max. 3,1 µg/l (GWM 01) und 1.1.1-Trichlorethan (Schöpfprobe aus RKS 08) nachgewiesen. TRI wurde nicht festgestellt. Die Verwendung von 1,1,1-Trichlorethan (RKS 08) ist an dem Standort nicht direkt belegt. Dieser Stoff wurde jedoch auch als Reinigungsmittel beim chemischen Reinigen eingesetzt.

Um die in der Bodenluft festgestellten PER-Konzentration für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet. Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zugeordnet werden können, und die Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.



Per-Konzentration Gas-/ Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
Südteil	0,2-7 m	
Henry-Konstante für 10 °C = 0,30		
BL 01	1,4	4,7

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke beträgt 3,6 m, ist als relativ kurz. Der Schadstofftransport erfolgt in den Feinsanden rasch und nahezu ungehindert. Es erfolgt nur mäßiger Abbau und es besteht nur ein geringes Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone gering**.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Schadstoffe können wegen des Untergrundreliefs der Sohlschicht erst am Südrand des Grundstücks ins Grundwasser gelangen. Dort erfolgt ein nur gering beeinträchtigter Schadstofftransport und eine Verdünnung mit dem Grundwasser. Die Grundwasserfließrichtung ist vermutlich nach Südwest gerichtet. Eine An- und Abstrombetrachtung ist angesichts der gegebenen Morphologie der Geschiebemergelsohlschicht jedoch nicht möglich. Die in den beiden Grundwassermessstellen ermittelten Schadstoffgehalte lassen sich somit nur bedingt der CRE zuordnen. Erhebliche Einträge müssten jedoch in einer der beiden Messstellen zu auffälligen Gehalten geführt haben.

Schadstoffpotential / Schadstoffquelle in der ungesättigten Zone

In der Bodenluft und im Grundwasser sind geringe PER-Gehalte festzustellen. Infolge der großflächigen Versiegelung des sandigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase anzunehmen. Die abgeleitete Gleichgewichtskonzentration korrespondiert mit den ermittelten Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser. Das **Schadstoffpotenzial** wird als **gering** eingeschätzt.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Aufgrund der festgestellten Schadstoffkonzentrationen in der Bodenluft und im Grundwasser ist eine **Prüfwertüberschreitung am OdB derzeit und zukünftig nicht wahrscheinlich**.

7. Bewertung

Weder für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser noch für den Pfad Boden-Mensch liegen konkrete Anhaltspunkte für erhebliche Einträge in den Boden vor. Es kann angenommen werden, dass es auf dem Grundstück der CRE zu keinem nennenswerten Schadstoffeintrag gekommen ist. **Der Altlastenverdacht hat sich somit nicht bestätigt**.

8. Empfehlung

Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich

Fallbeispiel Nr. 9

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	400 m ²
Zulässige Nutzung:	Wohngebiet lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	nichtunterkellertes eingeschossiges Wohnhaus
Umfeldnutzung:	Wohnhäuser
Standort der ehem. CRE:	Erdgeschoss des Wohnhauses
Betriebszeitraum der CRE:	1976 - 1993
Versiegelung:	Bis auf Zuwegung zum Haus nicht versiegelt
Entwässerung:	Anschluss an öffentliches Sielnetz
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER und ggfs. TRI sowie FCKW als bevorzugte Lösungsmittel



Ehem. Lagerung von Abfällen und Frischware, Lage RKS 04



Vorderseite Gebäude, Lage RKS 01

2. Kontaminationshypothese

Eine Reinigungsmaschine (erst PER, dann FCKW). Einträge über Leckagen und Versickerung im Boden sowie über Abwasserleitungen. Ausbreitung über Bodenluft i. d. ungesättigte Zone, über das Sickerwasser ins Grundwasser. Wegen Vorinformationen zu Kontaminationen der Bausubstanz im Bereich der Reinigungsanlage ist eine Belastung der Innenraumluft des Wohngebäudes wahrscheinlich.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich der flachwelligen weichseleiszeitlichen Grundmoränenlandschaft. Wasserführende Schichten vermutlich erst in mehr als 30 m Tiefe.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

LCKW und FCKW sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der geringen Durchlässigkeit des anstehenden Geschiebemergels und des dadurch bedingten hohen Rückhaltevermögens nur sehr eingeschränkter Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser.

Ziel / Medium	Planung	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt. 4RKS (BS DIN 4021) bis 5 m.	Durchführung gem. Planung
Boden	Entnahme von Headspace-Proben im 1m-Abstand bzw. bei Schichtwechsel.	Bodenproben aus RKS 01, 03 und 04
Bodenluft	Sofern möglich Bodenluftbeprobung	Bodenluftbeprobung nur in RKS 02 (sandige Verfüllung um den Revisionschacht). Temporäre Messstelle 1 1/4“-HDPE
Grundwasser	Sofern wasserführende Schichten angetroffen werden, Beprobung des Grundwassers.	Es wurde kein Grundwasser angetroffen.
Innenraum	Beprobung der Innenraumluft im Wohnhaus	Kurzzeit- und Langzeitmessung

Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen des bindig ausgeprägten Untergrundes hauptsächlich Boden- und Innenraumuntersuchungen sowie ggfs. ergänzende Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und FCKW.

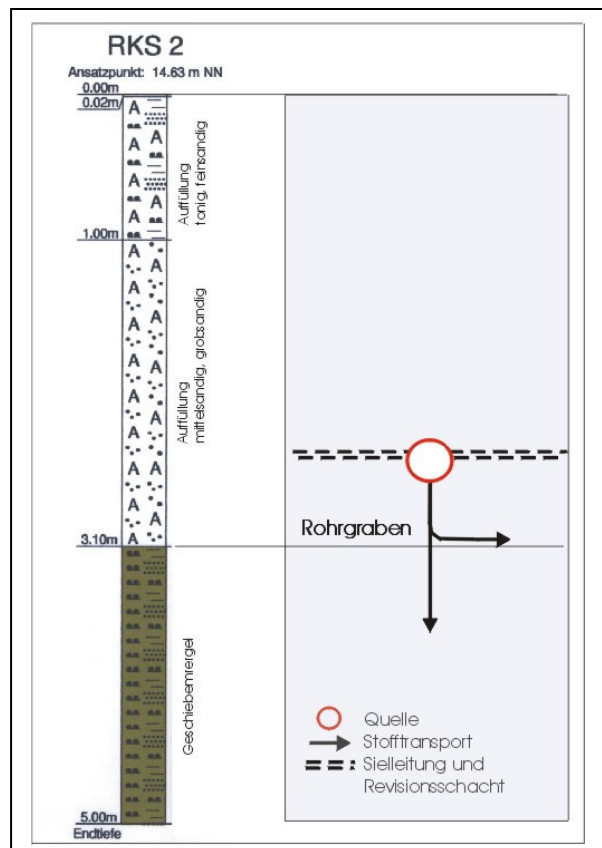
5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

Unter 0,5 – 3,1 m mächtigem, anthropogenem Auffüllmaterial (teils bindig, teils Füllsand) folgt bis zur Endteufe von max. 5 m schluffig-toniger Geschiebemergel.

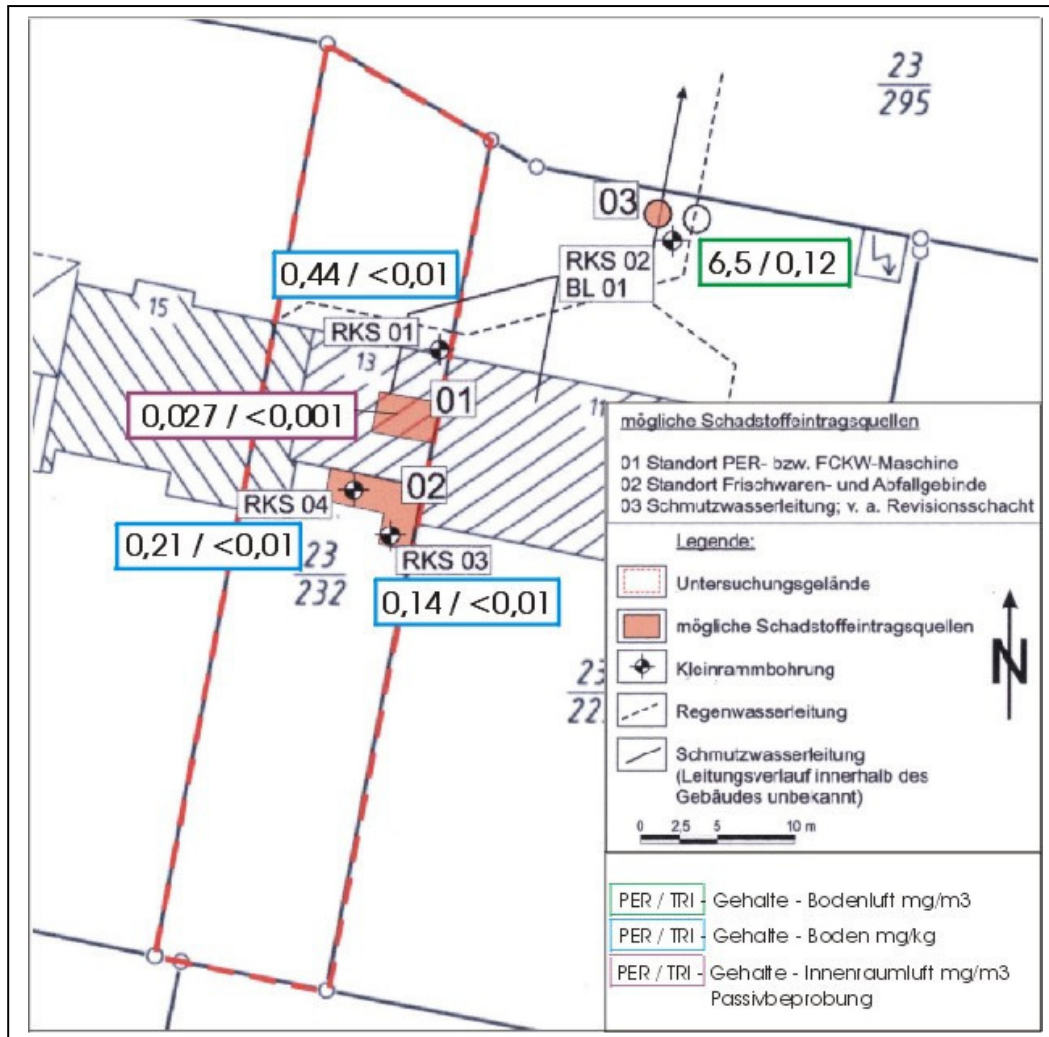
Es wurden keine wasserführenden Sandlagen angetroffen. Der hier relevante Ort der Beurteilung liegt unterhalb des nicht durchteuften Geschiebemergels, bzw. nicht unmittelbar unterhalb des Standortes, sondern dort, wo das Sickerwasser auf nicht bekannter sowohl horizontaler als auch vertikaler Transport- und Sickerstrecke das Grundwasser erreicht. Es sind gespannte Grundwasserverhältnisse zu erwarten.

Die Durchlässigkeit für Wasser wird aufgrund des erbohrten schluffig-tonigen Geschiebemergels mit $>10^{-7}$ bis 10^{-8} m/s (gering durchlässig) abgeschätzt. Der Flurabstand wird mit > 30 m angenommen.



5.2 Schadstoffbelastung

Im Boden wurden PER-Gehalte von 0,14 bis max. 0,44 mg/kgTS bestimmt. TRI und VC wurden nicht nachgewiesen. In der Bodenluft war PER mit 6,5 mg/m³ und TRI mit 0,12 mg/m³ enthalten. Die Innenraumluft wies bei der aktiven Kurzzeitmessung einen PER-Gehalt von 0,11 mg/m³ und bei der passiven Langzeitmessung einen von 0,027 mg/m³ auf. FCKW wurden nicht nachgewiesen.



Um die in der Bodenluft nachgewiesenen PER-Konzentrationen für die Sickerwasserprognose nutzen zu können, wurden die Messwerte unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen Gas- und Flüssigphase im ungesättigten Bereich umgerechnet. Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem exakten Probenahmeort zugeordnet werden können, und die Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.

Per-Konzentration Gas-/ Flüssigphase	Gasphase mg/m ³	Flüssigphase µg/l
Südteil	0,2-7 m	
Henry-Konstante für 10 °C = 0,30		
RKS03	6,5	21,7

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke beträgt mehr als 30 m ist also sehr groß. Der Schadstofftransport erfolgt in dem schluffig-tonigen Sediment nur langsam und sehr eingeschränkt. Die aus Mächtigkeit und Durchlässigkeit abgeleitete Schutzfunktion ist hoch. Wegen des hohen Durchdringungsvermögens der LCKW wird bei diesen Stoffen häufig die Schutzfunktion vernachlässigt, insbesondere wenn lokale konzentrierte Einträge anzunehmen sind oder wie hier die Sickerwasserrate hoch ist. Wegen eingeschalteter feinkörniger Lagen und auf der Geschiebemergeloberfläche kann es zu einer horizontalen Ausbreitung kommen. Es ist anzunehmen, dass bei horizontalem Transport von Sickerwasser eine erhebliche Distanz (>> vertikale Sickerstrecke) zu überwinden ist, bis bessere Eintrittsmöglichkeiten zum Grundwasser bestehen. Es besteht ein hohes Speichervermögen Abbauprozesse sind anzunehmen. Bei den gegebenen Verhältnissen ist die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone** insgesamt als **hoch** einzuschätzen.

Gesättigte Zone

Es wurde keine gesättigte Zone angetroffen.

Schadstoffpotential / Schadstoffquelle in der ungesättigten Zone

In der Bodenluft sind z.T. höhere PER-Gehalte festzustellen. Infolge der fehlenden Versiegelung des bindigen Untergrundes ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase nur eingeschränkt möglich. Aufgrund der aus dem Bodenluftgehalt abgeleiteten (unsicheren) Gleichgewichtskonzentration, bzw. der Unterschreitung / geringfügigen Überschreitung der ergänzenden Beurteilungswerte nach Anhang 4 der Hinweise des LANU von 2007 für Boden und Bodenluft ist ein **geringes bis mittleres Schadstoffpotenzial** anzunehmen.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Aufgrund der festgestellten nicht übermäßig erhöhten Schadstoffkonzentrationen und der hohen Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone ist eine **Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung derzeit und zukünftig nicht wahrscheinlich**.

7. Bewertung

Boden-Grundwasser: Gemäß der Sickerwasserprognose wird angenommen, dass es auf dem Grundstück der CRE am Ort der Beurteilung nicht zu einer Überschreitung des Prüfwertes für LCKW von 10 µg/l gekommen ist und ein solcher auch nicht zu erwarten ist. **Der Altlastenverdacht hat sich somit nicht bestätigt.**

Boden-Mensch: Die Innenraumbeprobung weist für den Pfad Boden-Mensch keinen Besorgnisansatz auf. Eine weitergehende Erkundung im Rahmen einer Detailuntersuchung ist nicht notwendig.

8. Empfehlung

Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Fallbeispiel Nr. 10

1. Grundstücks- und Quellsituation

Grundstücksgröße:	300 m ²
Zulässige Nutzung:	Gewerbe, Wohnnutzung; lt. F-Plan
Aktuelle Nutzung:	keine (Gebäude steht leer, vorher gewerblich)
Umfeldnutzung:	benachbarte Grundstücke sind mit Wohnhäusern bebaut
Standort der ehem. CRE:	Das eingeschossige Gebäude ist teilunterkellert; Reinigungsmaschine im Erdgeschoss über Keller
Betriebszeitraum der CRE:	1957-1971
Weitere altlastrelevante Nutzung:	keine Hinweise
Versiegelung:	Der Hof ist überwiegend mit einer schadhafte Betondecke versiegelt.
Entwässerung:	Abwasserleitung auf der Hofseite über die Hofzufahrt zur Straße (keine Übergabeschächte erkennbar).
Vermutetes Schadstoffinventar:	LCKW mit PER und ggfs. TRI als bevorzugte Lösungsmittel; ggf. leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX).



Möglicher Lagerplatz von Reinigungsmitteln



Rückwärtige Seite des Innenhofs

2. Kontaminationshypothese

Eine Reinigungsmaschine im unterkellerten Erdgeschoss. Einträge über Versickerung im Boden im Bereich des möglichen Lagerplatzes sowie über Abwasserleitungen und Regenwassereinfluss im Hof. Ausbreitung über Bodenluft in der ungesättigten Zone, über das Sickerwasser in das Grundwasser; ggfs. aus belastetem Boden bzw. Fundament in die Gebäude-Innenraumluft.

3. Geologisch/hydrogeologische Beschreibung

Das Grundstück liegt im Bereich eines weichseleiszeitlichen Sanders, der Grundwasserflurabstand beträgt etwa 2,5 m. Grundwasserspiegelschwankungen sind als gering, Der Grundwasserabstrom erfolgt nach Süden bis Südosten.

4. Untersuchungskonzept/ -verfahren, Durchführung

LCKW sind leichtflüchtig und hoch mobil. Wegen der guten Durchlässigkeit der anstehenden Sande und des dadurch bedingten geringen Rückhaltevermögens ist ein rascher Transport mit dem Sickerwasser bis ins Grundwasser möglich. Wegen des lange zurückliegenden Nutzungszeitraumes können die Schadstoffe das Grundwasser ggfs. bereits erreicht haben.

Ziel / Medium	Planung CRE	Durchführung
Klärung des Untergrundaufbaus	Ansatzpunkte gem. ehem. Nutzung festgelegt 3 RKS (BS DIN 4021) bis max. 6 m mit Ausbau zu 2“-GWM.	Gem. Planung
Boden	Bei Hinweisen auf Bodenkontaminationen (z.B. aufgrund der PID-Messungen zusätzlich Bodenproben.	Keine Bodenproben entnommen
Bodenluft	Bodenluftbeprobung, sofern geeignete ungesättigte Zone vorhanden. Entnahme mittels einer Sonde (System Stitz)	Gem. Planung, da Flurabstand ausreichend
Grundwasser	3 temporäre Messstellen (DN 50 HDPE, UK-Filter 2 m u. GW-Spiegel. Entnahme von GW-Proben. Ggfs. Ausbau von festen Grundwasserressstellen.	Bau als temporäre Messstellen

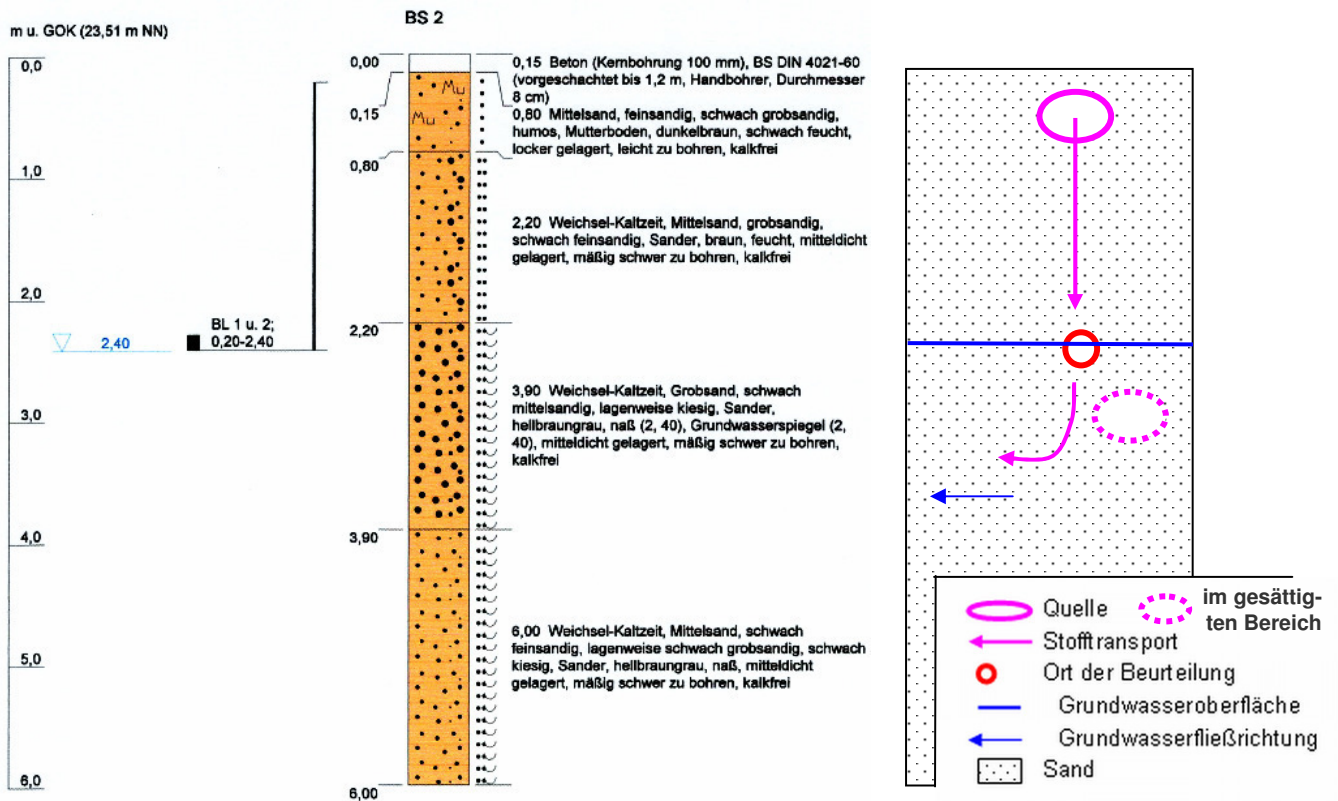
Für die orientierenden Untersuchungen wurden wegen der sandig ausgeprägten ungesättigten Zone und des rel. geringen Fluranstandes hauptsächlich Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen sowie ggfs. ergänzende Bodenuntersuchungen vorgesehen. Der analytische Untersuchungsumfang umfasste LCKW und BTEX.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologie-Hydrogeologie

Unter max. 1,6 m mächtigem, anthropogenem Auffüllmaterial (sandig, Bauschutt- und Mörtelreste) folgen bis zur Endteufe (6 m) kalkfreie weichseleiszeitliche Grob- bis Mittelsande mit Kieslagen und feinsandigen Beimengungen. Der Flurabstand liegt bei 2,4 m. Nach der ermittelten Grundwasserfließrichtung ist **BS 1 nicht exakt im Abstrom der Abwasserleitungen** positioniert.

Die Durchlässigkeit für Wasser wird anhand der Bodenansprache für die erbohrten kiesigen Grob- und Mittelsande auf einen K_f – Wert $> 10^{-3}$ m/s (stark bis sehr stark durchlässig) geschätzt. Grundwasserentnahmen sind nicht bekannt.



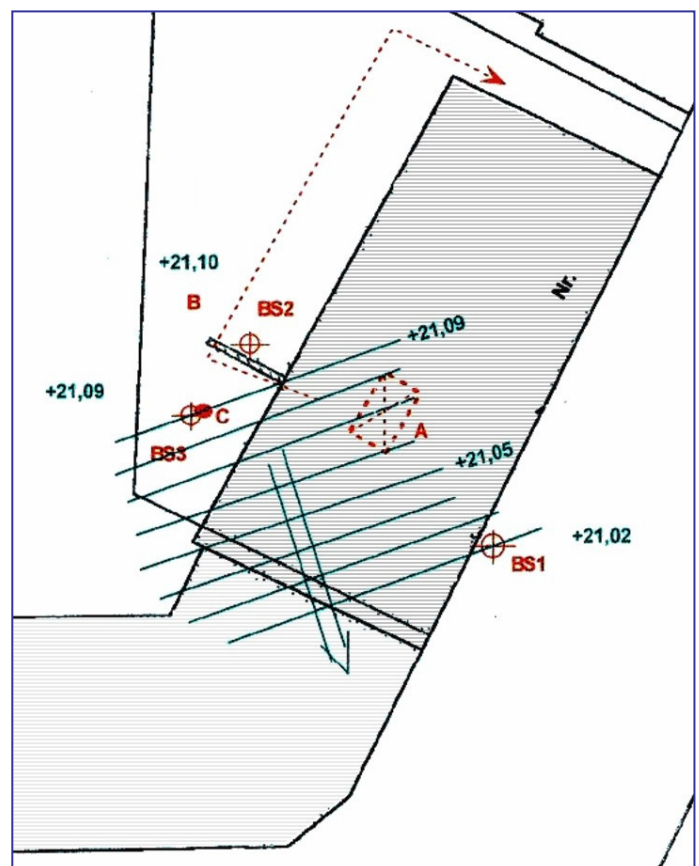
5.2 Schadstoffbelastung

In den Bodenluftproben wurden keine BTEX nachgewiesen. Bei den LCKW wurde $0,85 \text{ mg/m}^3$ Tetrachlorethen (PER) bei BS2 nachgewiesen, sonst alles unter/an der Bestimmungsgrenze.

Um die in der Bodenluft in BS 2 gemessene PER-Konzentration für die Sickerwasserprognose verwenden zu können, wurde der Messwert unter der Annahme einer Gleichgewichtssituation zwischen der Gasphase und der Flüssigphase im ungesättigten Bodenbereich umgerechnet.

Mit der Einschränkung, dass die Bodenluftkonzentrationen nicht einem genauen Probenahmeort zugeordnet werden können, und eine Gleichgewichtsbodenlösung (noch) kein Sickerwasser ist, werden die umgerechneten Werte für eine Abschätzung einer Sickerwasserkonzentration verwendet.

Bei 10°C entspricht $0,85 \text{ mg/m}^3$ PER einer Konzentration im Sickerwasser von $2,8 \text{ µg/l}$.



A: Reinigungsmaschine, B: mögl. Lagerplatz, B u. C: Kanalisation

Im Grundwasser wurde geringe PER-Gehalte gemessen. Andere LCKW und BTEX wurden nicht nachgewiesen.

LCKW [$\mu\text{g/l}$]	BS 1	BS 2	BS 3
Tetrachlorethen (PER)	0,18	1,36	1,4

6. Abschätzung des Schadstoffeintrages in das Grundwasser

Mobilität der Schadstoffe

PER wird auf Grund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften als **hoch mobil** eingestuft.

Ungesättigte Zone (Schutzfunktion)

Die vertikale Sickerstrecke beträgt ca. 2,4 m und ist somit kurz. Der Schadstofftransport erfolgt in dem grobkörnigen Sediment rasch und ungehindert. Es erfolgt kein Abbau und es besteht kein Speichervermögen. Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität ist bei den gegebenen Verhältnissen die **Schutzfunktion der ungesättigten Zone vernachlässigbar**.

Gesättigte Zone / Sickerwasserprognose aus Grundwasseruntersuchungen

Es erfolgt ein ungehinderter Schadstofftransport; bei der kurzen Fließstrecke zwischen der Eintrittsstelle ins Grundwasser und der Messstelle ist ein Abbau zu vernachlässigen; es erfolgt nur eine Verdünnung mit dem Grundwasser. Schadstoffe müssen sich seit 1971 abstromig verlagert haben.

Schadstoffpotential in der ungesättigten Zone

In der Bodenluft sind geringe Schadstoffkonzentrationen festzustellen. Durch die Abdeckung der sandigen Horizonte mit Beton ist eine Gleichgewichtseinstellung zwischen Bodenluft- und Flüssigphase ansatzweise anzunehmen, wenn auch durch die schadhafte Betondecke Verluste bei der Bestimmung möglich sind. Die abgeleiteten Gleichgewichtskonzentrationen korrespondieren mit den Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser. Insgesamt ist von einem **geringen bis sehr geringen Schadstoffgesamtpotential** am Probenahmeort auszugehen.

Zusammenfassende Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung

Aufgrund der festgestellten Schadstoffkonzentrationen in der Bodenluft und im Grundwasser ist eine **Prüfwertüberschreitung** am OdB derzeit und zukünftig **nicht wahrscheinlich**.

7. Bewertung

Im Grundwasser werden im vermuteten Abstrom geringere PER-Konzentrationen gemessen, als im Grundwasseranstrom, bzw. quellennah. BS1 ist als Abstrommessstelle daher nur bedingt geeignet. Im Grundwasser bei BS2 und BS3 wird der Prüfwert für LCKW (= 10 $\mu\text{g/l}$) unterschritten. Aus ehemaligen Kontaminationsquellen in Teilbereichen der Abwasserleitung können Stoffe ins Grundwasser eingetragen worden sein, die sich BS2 und BS3 (aktuell) nicht (mehr) mitteilen. Die Messungen der Schadstoffe bei BS2 und BS3 könnten auf Schadstoffanreicherungen unterhalb des Gebäudes hinweisen. Minderbefunde bei Bodenluftuntersuchungen sind möglich (z.B. kann durch Fundamentkanten die Zufuhr von Bodenluft unterhalb des Gebäudes verhindert werden) und daher in Erwägung zu ziehen.

Die **Grundwassergefährdung** ist aus den vorliegenden Ergebnissen **unwahrscheinlich aber nicht abschließend auszuschließen**.

8. Empfehlung

Zur Absicherung ist eine direkte Abstrommessstelle zu setzen.