

03. Juni 2014

## „Mineralölkontamination Riedgasse Dornbirn“

**Gefährdungsabschätzung und Prioritätenklassifizierung  
(§13 und §14 Altlastensanierungsgesetz)**



### **Zusammenfassung**

Im Zentrum von Dornbirn ist auf einer Fläche von 15.000 m<sup>2</sup> bis 20.000 m<sup>2</sup> der Untergrund erheblich mit Mineralöl (Heizöl Leicht) verunreinigt und es schwimmt Mineralöl auf dem Grundwasser. Ausgangspunkt dieser überwiegend im Grundwasserschwankungsbereich in einer Tiefe von etwa 6-8 m vorhandenen Verunreinigung ist der Bereich der ehemaligen Ölversorgung der Backöfen einer Bäckerei. Der Bereich einer ehemaligen Tankstelle („Shell-Tankstelle Riedgasse“), die ursprünglich als Ursache der Verunreinigungen vermutet wurde, ist aufgrund der Untersuchungsergebnisse keine Quelle der Verunreinigungen. Die Belastung des Grundwassers außerhalb der verunreinigten Untergrundbereiche ist gering. Die Länge der Schadstofffahne kann mit max. 100 m angenommen werden. Die großflächigen Verunreinigungen des Untergrundes durch Heizöl Leicht stellen eine erhebliche Gefahr für die Umwelt dar. Es wird eine Einstufung in die Prioritätenklasse 3 vorgeschlagen.

# 1 LAGE DER ALTSTANDORTE UND DER ALTLAST

## 1.1 Lage der Altstandorte

Bundesland: Vorarlberg  
Bezirk: Dornbirn  
Gemeinde: Dornbirn (80301)  
KG: Dornbirn (92001)

Bäckerei Spiegel  
Grundstücksnr.: .543

Shell Tankstelle Riedgasse  
Grundstücksnr.: .547

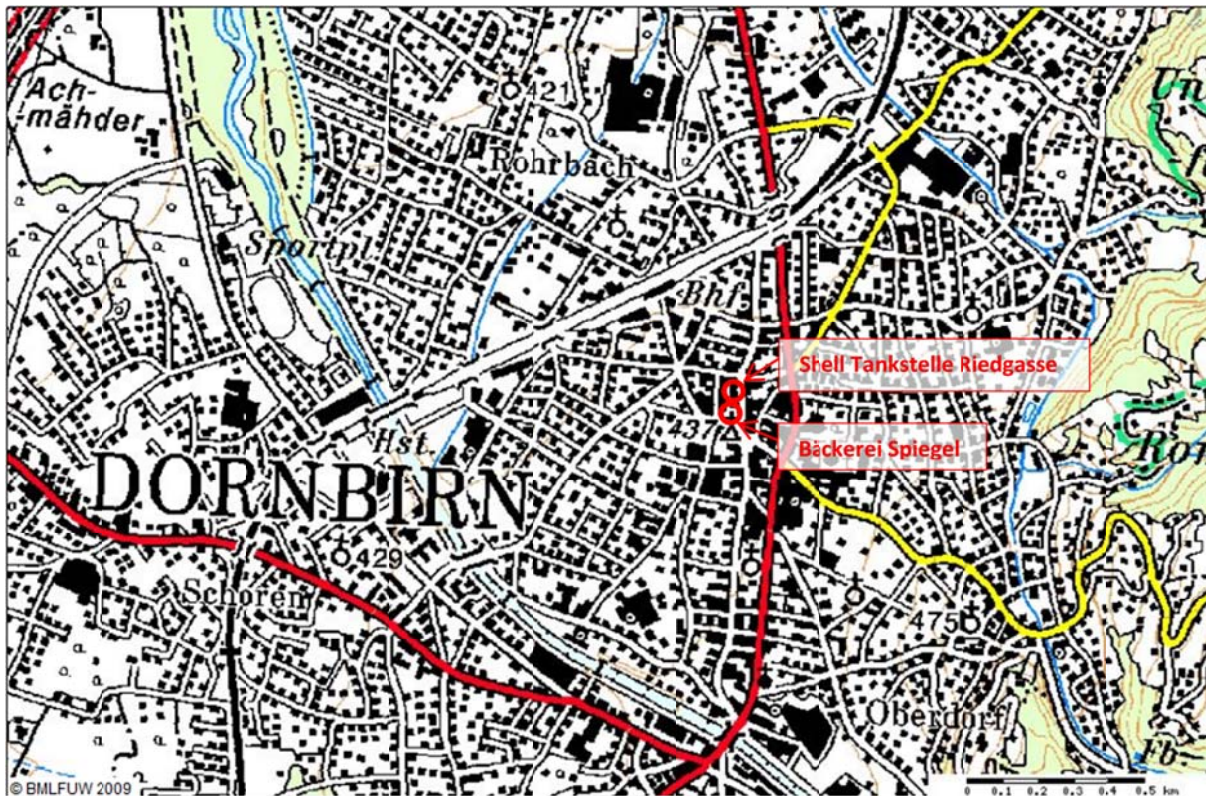


Abb.1: Übersichtslageplan

## 1.2 Lage der Altlast

Bundesland: Vorarlberg  
Bezirk: Dornbirn  
Gemeinde: Dornbirn (80301)  
KG: Dornbirn (92001)  
Grundstücksnr.:

.533, .534, .535, .536, .541, .542, .543, .544, .545,  
.547, .550/1, .550/2, .551, .628/1, .628/2, .628/3, .629/1,  
640, 643, 649, .2526, .3404, 6651, 6654, 6659, 6660/1,  
6684, 6756/1, 6756/3, 6760, 6761, 6762, 6765, 6770/2,  
6772, 19693/1, 19698/1, 19698/2, 19699, 19700/2,  
19700/9, 19883, 20294



Abb.2: Lage der Altlast im Katasterplan

## 2 BESCHREIBUNG DER STANDORTVERHÄLTNISSE

### 2.1 Betriebliche Anlagen und Tätigkeiten

Die Altstandorte „Bäckerei Spiegel“ und „Shell Tankstelle Riedgasse“ befinden sich im Zentrum von Dornbirn.

Der Altstandort „Bäckerei Spiegel“ existiert seit fast 200 Jahren und umfasst aktuell eine Fläche von rd. 660 m<sup>2</sup>. Im Jahr 1936 wurde die heutige Backstube als eingeschossiger, nicht unterkellertes Bau nördlich angrenzend an das alte Gebäude Marktplatz 4 errichtet. Im Jahr 1965 wurde eine Ölfeuerungsanlage zu Heizungszwecken und zum Betrieb der Backöfen im alten Gebäude eingebaut. Der Öltank befindet sich bis heute im Keller dieses Gebäudes. Der Backofen befand sich im südöstlichen Teil der neuen Backstube. Im Jahr 1972 wurde ein neuer Backofen im nördlichen Teil der Backstube in Betrieb genommen. Vermutlich wurden zu dieser Zeit unterirdische Ölleitungen verlegt, die später teilweise stillgelegt wurden.

Auf dem Standort „Shell Tankstelle Riedgasse“ wurde von 1960 bis 1980 auf einer Fläche von rd. 800 m<sup>2</sup> eine Tankstelle betrieben. Im nördlichen Bereich befanden sich 3 unterirdische Lagertanks für Superbenzin, Normalbenzin und Diesel. Die Zapfsäulen (je 1 für Normal- und Superbenzin, Benzingerisch und Diesel) waren zentral am Standort situiert. Die Lagertanks wurden im Zuge der Einstellung des Tankstellenbetriebes vermutlich Ende 1980 aus dem Untergrund entfernt.

Im Jahr 1967 traten etwa 15.000 Liter Benzin aus einer unterirdischen Leitung im Nahbereich der Zapfsäulen in den Untergrund aus und führten zu einer Verunreinigung des Grundwassers. Die anschließende Sanierung erfolgte durch hydraulische Maßnahmen an mehreren Brunnen bis zum Jahr 1976. Bei den abschließenden Grundwasseruntersuchungen waren keine Benzin-Belastungen mehr feststellbar.

Die Lage der Tanks, Leitungen etc. im Bereich der Altstandorte ist in Abb. 5 ersichtlich.

### 2.2 Untergrundverhältnisse

Die Altstandorte befinden sich am Talboden des Rheintals, welches während der pleistozänen Vereisungen glazial übertieft wurde. Nach Abschmelzen der Eismassen kam es zur Bildung des sogenannten Rheintalsees. Im Mündungsbereich der Dornbirner Ach kam es zur Ausbildung eines weitläufigen Schwemmfächers. Die mäßig durchlässigen bis durchlässigen Kiese dieses Schwemmfächers werden von feinkörnigen Sedimenten (teilweise verlehnte Sande) des verlandeten Rheintalsees überlagert. Der Untergrundaufbau ist somit von quartären Sedimenten geprägt. Die oberste Schicht ist im Bereich und Umfeld der Altstandorte weitestgehend durch anthropogene Anschüttungen (bis ca. 1 m Tiefe) ersetzt. Unter den Anschüttungen stehen bis ca. 10 m Tiefe meist schluffige, tonige Kiese an, in die Lagen und Linsen von Schluff und Ton eingelagert sind (sh. Abb. 3). Der Grundwasserstauer ist in mehr als 30 m Tiefe anzunehmen.

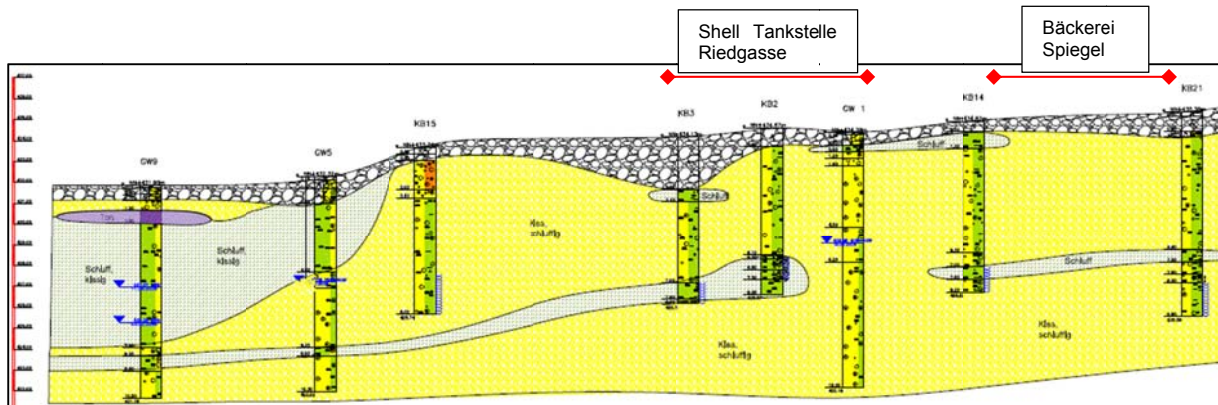


Abb.3: Profilschnitt Nord-Süd

Das Grundwasser wird entsprechend der natürlichen und jahreszeitlichen Schwankungen in einer Tiefe von 4-8 m angetroffen. Aufgrund des Untergrundaufbaus (Schwemmfächer der Dornbirner Ache) liegt kein einheitlicher Grundwasserkörper vor. Das Grundwasser ist in begrenzten Stockwerken, längeren oder kürzeren Schlieren und kissenartigen Linsen vorhanden. Der lokale Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  wird im Bereich von  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s bis  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s abgeschätzt. Das Grundwasser fließt lokal mit einem Gefälle von rd. 1% in nördlicher Richtung mit Fließrichtungsschwankungen nach Nordnordwest bis Nordnordost. Wesentliche Änderungen der Grundwasserfließrichtung bedingt durch unterschiedliche Grundwasserspiegellagen (Schwankungen um ca. 3,5 m festgestellt) liegen nicht vor. Die regionale Grundwasserfließrichtung ist Nordnordwest bis Nordwest.

Die spezifische hydraulische Fracht innerhalb der obersten 5 m des Aquifers kann mit 0,1-0,3 m<sup>3</sup>/d·m abgeschätzt werden.

## 2.3 Schutzgüter und Nutzungen

Die Altstandorte sind teilweise bebaut und gewerblich genutzt (Bäckerei bzw. KFZ-Zubehör Großhandel), die Freiflächen sind weitestgehend asphaltiert. In der näheren Umgebung befinden sich entsprechend der zentralen Lage im Stadtgebiet von Dornbirn zahlreiche Wohn- und Bürogebäude sowie Gewerbebetriebe und Verkehrsflächen.

Die Nutzungssituation zum Zeitpunkt Juli 2009 geht aus dem Luftbild in Abb. 4 hervor.

Die Altstandorte liegen am östlichen Rand des Grundwasserkörpers Rheintal (GK 100149) und befinden sich in keinem Grundwasserschutz- oder Grundwasserschongebiet. Etwa 600 m nordnordöstlich beginnt das Brunnenschutzgebiet des Pumpwerks Edlach, welches sich allerdings nicht im Abstrombereich der Altstandorte befindet.

Etwa 500 m nördlich des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ befinden sich 2 Nutzwasserbrunnen. Weitere Nutzwasserbrunnen befinden sich 300-400 m südlich bzw. anstromig zum Altstandort „Bäckerei Spiegel“. Brunnen zur Trinkwasserversorgung sind bis 500 m Entfernung nicht bekannt. Ein etwa 30 m nordöstlich des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ gelegener Hausbrunnen wird nicht mehr genutzt. In der weiteren Umgebung der Altstandorte (>500 m entfernt) befinden sich mehrere Brunnen bzw. Sonden für den Betrieb von Wärmepumpen.

Etwa 800 m südwestlich der Altstandorte fließt die Dornbirner Ache, etwa 1 km nordöstlich fließt der sogenannte Fischbach.



Abb.4: Lage der Altstandorte im Luftbild (Juli 2009)

### 3 UNTERSUCHUNGEN

Im Vorfeld der ergänzenden Untersuchungen gemäß § 13 ALSAG wurden im Zeitraum 1993-2001 folgende Untersuchungen im Umfeld der Altstandorte durchgeführt:

- Untersuchung von ölverunreinigtem Aushub aus einer Baugrube
- Untersuchung einer Probe von aufschwimmendem Öl aus einem Hausbrunnen

Im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen gemäß § 13 ALSAG wurden im Zeitraum von Anfang 2008 bis Frühjahr 2011 folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Herstellung von Trockenkernbohrungen in 2 Bohrkampagnen, Untersuchung von Untergrundproben und Grundwasserschöpfproben, Produkt- und Altersbestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen
- Erhebung potentieller Eintragsstellen für Mineralöl im Umfeld der Altstandorte
- Errichtung von Grundwassermessstellen, Untersuchung von Grundwasserproben (4 Termine), Messung der Schichtdicke von Öl-Phasen, Produkt- und Altersbestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen

Nach Abschluss der im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen gemäß § 13 ALSAG durchgeführten Grundwasseruntersuchungen (Oktober 2008-Oktober 2009) wurden im Mai 2010 zusätzliche Grundwasseruntersuchungen durchgeführt.

### **3.1 Ergebnisse 1993-2001**

Im November 1993 wurde in der Schulgasse in einer Baugrube ca. 50 m westlich des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ eine Ölverunreinigung des Untergrunds festgestellt. Die Verunreinigung befand sich im östlichen Bereich der Baugrube. Außerdem wurde der Zutritt von ölverunreinigtem Grundwasser im östlichen Bereich der Baugrube beobachtet. Eine Untersuchung des Aushubmaterials ergab eine Kohlenwasserstoff-Belastung von 1.400 mg/kg TS.

Im April 2001 wurde bei einem Hausbrunnen, der etwa 30 m östlich des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ situiert ist (Brunnen Riedgasse, sh. Abb. 5), eine aufschwimmende Ölphase auf der Wasseroberfläche festgestellt. Es wurde eine Probe des Öls untersucht. Anhand der Kennzahlen (Viskosität, Schwefelgehalt) und des IR-Spektrums konnte das Öl als Heizöl Leicht identifiziert werden. Eine Altersbestimmung auf Basis des Schwefelgehaltes war nicht möglich.

### **3.2 Ergebnisse der Untersuchungen 2008-2011**

#### **3.2.1 Ergebnisse der Untersuchung von Untergrundproben 2008**

Im Winter 2008 wurden insgesamt 22 Rotationskernbohrungen (Bohr-Ø 168 mm bzw. 194 mm) bis max. 11,5 m unter GOK abgeteuft. Aus den Bohrkernen wurden 58 Untergrundproben gezogen, von denen 28 Proben aus dem ungesättigten und dem gesättigten Untergrund bzw. aus dem Grundwasserschwankungsbereich für Laboruntersuchungen ausgewählt wurden. Es wurden die Gesamtgehalte der Parameter KW-Index, BTEX, TOC und PAK analysiert, sowie im Eluat die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Ammonium, DOC und KW-Index. Bei 8 ausgewählten Proben wurde außerdem eine Produkt- und Altersbestimmung durchgeführt. In den Bohrungen erfolgte anhand von Schöpfproben auch eine visuelle Beurteilung hinsichtlich aufschwimmender Ölphase am Grundwasser. Die Lage der Bohrungen ist in Abb. 5 ersichtlich.

Bei 6 Bohrungen wurden Schöpfproben zur KW-Index-, Produkt- und Altersbestimmung entnommen (sh. Kap. 3.2.3).

Hinsichtlich des Parameters KW-Index waren 16 Proben als gering belastet (KW-Index 100-500 mg/kg TS, Überschreitung Prüfwert der ÖNORM S 2088-1) und 4 Proben als stark belastet (KW-Index >500 mg/kg TS, Überschreitung Maßnahmenschwellenwert der ÖNORM S 2088-1; Maximalwert 820 mg/kg TS) einzustufen. Monoaromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) waren in 2 Proben aus einer Bohrung im Bereich der ehemaligen Zapfsäulen am Altstandort „Shell Tankstelle Riedgasse“ in geringen Konzentrationen bis max. 2,4 mg/kg nachweisbar. PAK waren in geringen Konzentrationen bis max. 3,6 mg/kg nachweisbar. Der TOC-Gehalt lag bei allen Proben unter der Bestimmungsgrenze von 1.000 mg/kg. Die Eluat-Gehalte waren insgesamt unauffällig, punktuell wiesen leicht erhöhte KW-Gehalte im Eluat auf mobilisierbare Anteile hin.

Bei 12 Bohrungen und beim Brunnen Riedgasse wurde eine am Grundwasser aufschwimmende Ölphase festgestellt, bei 2 weiteren Bohrungen waren zumindest Ölschlieren vorhanden. Bei 5 weiteren Bohrungen war zwar kein Ölfilm, jedoch leichter KW-Geruch feststellbar.

Sensorisch deutlich wahrnehmbare KW-Verunreinigungen traten ab Tiefen von rd. 426-429 m ü. A. auf. Die Mächtigkeit der verunreinigten Untergrundsicht betrug im Mittel rd. 1 m. Der ungesättigte Untergrund war in den meisten Bohrungen organoleptisch und gemäß den stichprobenartig durchgeführten Analysen unbelastet, lediglich bei 2 Bohrungen im Bereich des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ (ehem. Tanks und Zapfsäulen) waren geringe Belastungen feststellbar (KW-Index rd. 400 mg/kg TS, leichter KW-Geruch, teilweise BTEX-Spuren).

Die festgestellten KW-Verunreinigungen im gesättigten Untergrundbereich bzw. im Grundwasserschwankungsbereich sind in Abb. 5 ersichtlich. Darin sind Untergrundaufschlüsse mit aufschwimmender Ölphase, starkem KW-Geruch und erhöhtem KW-Index als „stark belastet“, und Untergrundaufschlüsse mit Ölschlieren am Grundwasser und/oder leichtem KW-Geruch und/oder

leicht erhöhtem KW-Index als „gering belastet“ eingestuft (Untergrundaufschlüsse, mit denen der gesättigte Untergrundbereich nicht erreicht wurde, werden als „ohne Befund“ dargestellt). Eine Darstellung der KW-Verunreinigungen des ungesättigten Untergrunds erfolgt in Abb. 6.

Die Produktbestimmung erfolgte durch Auswertung der KW-Index-Chromatogramme. In allen Proben waren sowohl Kohlenwasserstoffe aus dem Mitteldestillatbereich (Diesel/Heizöl Extra-leicht), als auch Kohlenwasserstoffe aus dem Schmierölbereich vorhanden. Weil in Heizöl Leicht beide Mineralölfractionen enthalten sind, konnte dieses als Ausgangsprodukt identifiziert werden. Hinweise auf mikrobiellen KW-Abbau und andere Alterungsprozesse (z.B. Auswaschung niedrig-siedender Komponenten) waren in allen Proben vorhanden. Die Altersbestimmung erfolgte auf Basis von Biomarkern (Pristan, Phytan). Das Alter der KW-Verunreinigung wurde südlich des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ mit 10-20 Jahren abgeschätzt, auf dem Standort bzw. nördlich davon mit  $\geq 20$  Jahren (= Bestimmungsgrenze der Methode).

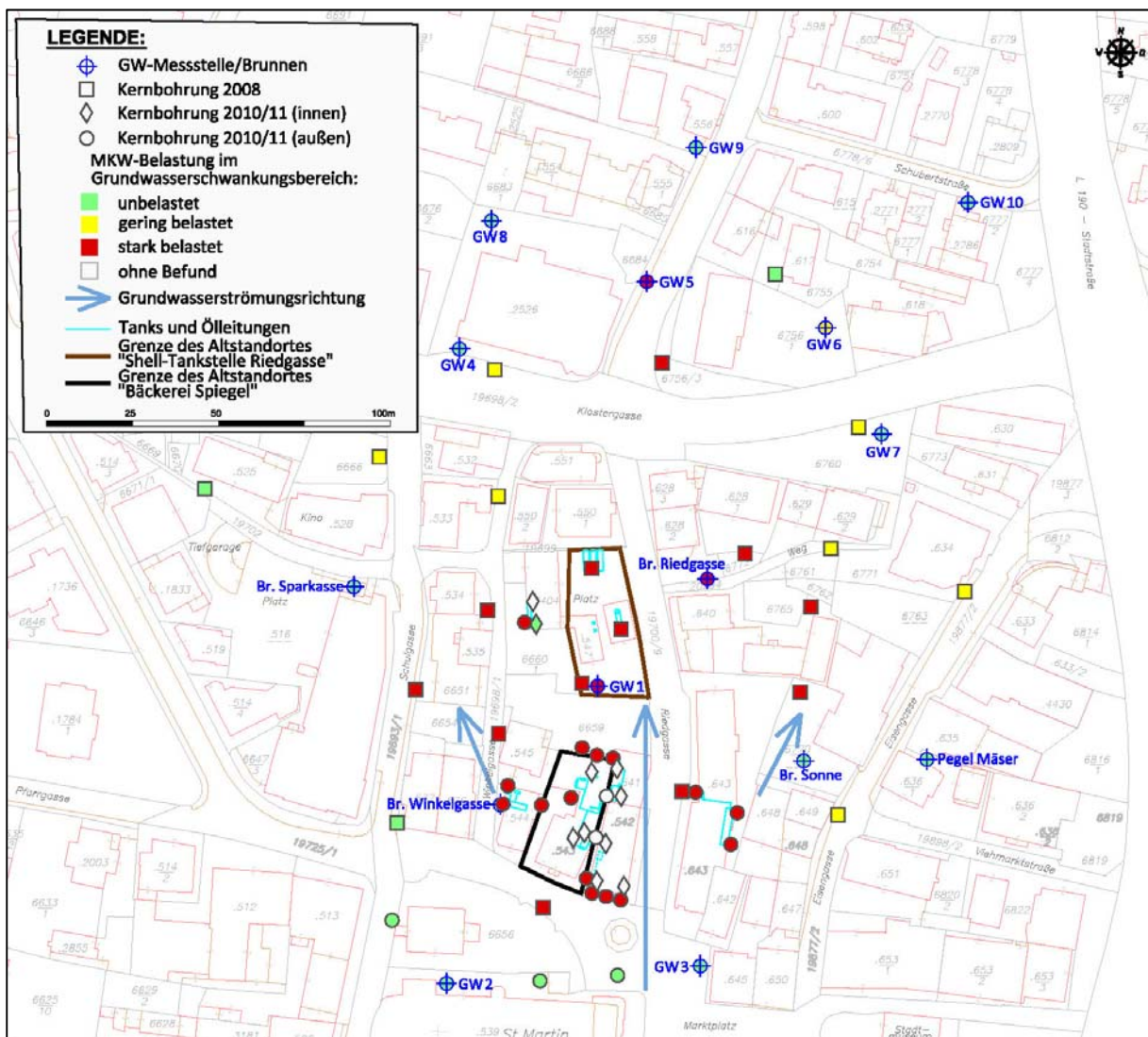


Abb.5: Lage der Kernbohrungen, KW-Verunreinigung im Grundwasserschwankungsbereich, Grundwasserströmungsrichtung, Lage von Tanks, Zapfsäulen und Ölleitungen



### 3.2.2 Ergebnisse der Untersuchung von Untergrundproben 2010-2011

Entsprechend der festgestellten Mineralölverunreinigung des Untergrunds wurden bestehende und ehemalige Heizölfeuerungen als potentielle Quellen der Verunreinigung erhoben. In Tabelle 1 sind die relevanten Standorte zusammengefasst, in Abb. 5 sind die Ölfeuerungsanlagen (Tanks, Leitungen) schematisch dargestellt.

Tabelle 1: Ausgewählte Standorte mit Heizölfeuerungen

Objekt	aktuelle Nutzung	Betriebszeitraum Ölfeuerung *	Tankvolumen [l]	Jahresverbrauch, ca. [l] *	Leitungsführung
Marktplatz 15	Modengeschäft	?	?	?	einsehbar, oberirdisch
Marktplatz 4	Bäckerei	seit 1965	10.000-15.000	20.000-25.000	tw. unterirdisch erdverlegt
Marktplatz 5	Geldinstitut	ca. 1961 - ca. Mitte 1980er	?	?	nicht rekonstruierbar, Öltank unterirdisch
Riedgasse 1	Geschäfte, Büros	1967-1993 (danach Heizöl extraleicht)	16.000	8.000	einsehbar, oberirdisch
Marktplatz 6 / Riedgasse 2	Geschäfte, Gesundheitszentrum	zumindest seit 1967	45.000	45.000	einsehbar, oberirdisch
Riedgasse 3-5	KFZ-Zubehörgroßhandel (ehem. Shell Tankstelle Riedgasse)	ca. 1960 bis 2008	15.000	8.000-10.000	einsehbar, oberirdisch

\* Angaben der Eigentümer/Besitzer

Im Zeitraum August 2010 bis April 2011 wurden im Bereich potentieller Eintragsstellen (Heizöltanks, Ölleitungen) Untergrundaufschlüsse hergestellt. In den Außenbereichen wurden insgesamt 20 Rotationskernbohrungen (Bohr-Ø 194 mm) und in den Innenräumen bzw. Kellern insgesamt 10 Rammkernbohrungen (Bohr-Ø 60 mm) durchgeführt. Die Rotationskernbohrungen wurden im Regelfall bis in Tiefen von 7-10 m abgeteuft. Die Bohrungen in den Kellern bzw. Innenräumen mussten aufgrund des schwer rambbaren Untergrunds meist noch im ungesättigten Untergrundbereich abgebrochen werden.

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 55 Untergrundproben aus sensorisch unauffälligen und auffälligen Schichten des ungesättigten Untergrunds und aus dem Grundwasserschwankungsbereich entnommen. An 22 Proben wurde der Gesamtgehalt des Parameters KW-Index analysiert, und an 7 Proben wurde eine Produkt- und Altersbestimmung durchgeführt. Aus einer stillgelegten, aber nicht vollständig entleerten Ölleitung der Bäckerei (Altstandort „Bäckerei Spiegel“) wurde eine Ölprobe entnommen und eine Produkt- und Altersbestimmung durchgeführt.

Bei 15 Bohrungen wurde im Grundwasserschwankungsbereich eine organoleptisch wahrnehmbare, starke Ölverunreinigung festgestellt (öliges Material, KW-Geruch). Die Verunreinigungen traten ab Tiefen von rd. 427-429 m ü. A. auf. Die stichprobenartig durchgeführten Analysen zeigten KW-Gesamtgehalte von 330-5.700 mg/kg TS. Die festgestellten KW-Verunreinigungen im Grundwasserschwankungsbereich sind in Abb. 5 ersichtlich.

Bei 3 Bohrungen unmittelbar nördlich der Backstube der Bäckerei wurden auch deutlich wahrnehmbare KW-Verunreinigungen im ungesättigten Untergrund festgestellt. Die Verunreinigungen traten dabei schon ab Tiefen von rd. 431-432 m ü. A. auf und setzten sich bis in den Grundwasserschwankungsbereich bzw. den oben genannten Tiefenbereich fort. Bei 2 Proben mit KW-Gehalten von 200-300 mg/kg TS wurde der Prüfwert, und bei 1 Probe mit einem KW-Gehalt von 900 mg/kg TS der Maßnahmenschwellenwert deutlich überschritten. In einer Bohrung südlich der Backstube wurden leicht erhöhte KW-Gehalte (140 mg/kg TS) nachgewiesen. In den 2 Bohrun-

gen östlich der Bäckerei (davon eine Bohrung im Bereich des Öleinfüllstutzens) waren bis zur Teufe in 1,5-2 m nur geringe KW-Belastungen bis 250 mg/kg TS festzustellen. Bei den übrigen Bohrungen, insbesondere auch beim unterirdischen, erdverlegten Tank südlich des Geldinstituts waren keine KW-Belastungen im ungesättigten Untergrund feststellbar.

Die festgestellten KW-Verunreinigungen im ungesättigten Untergrundbereich sind in Abb. 6 ersichtlich.

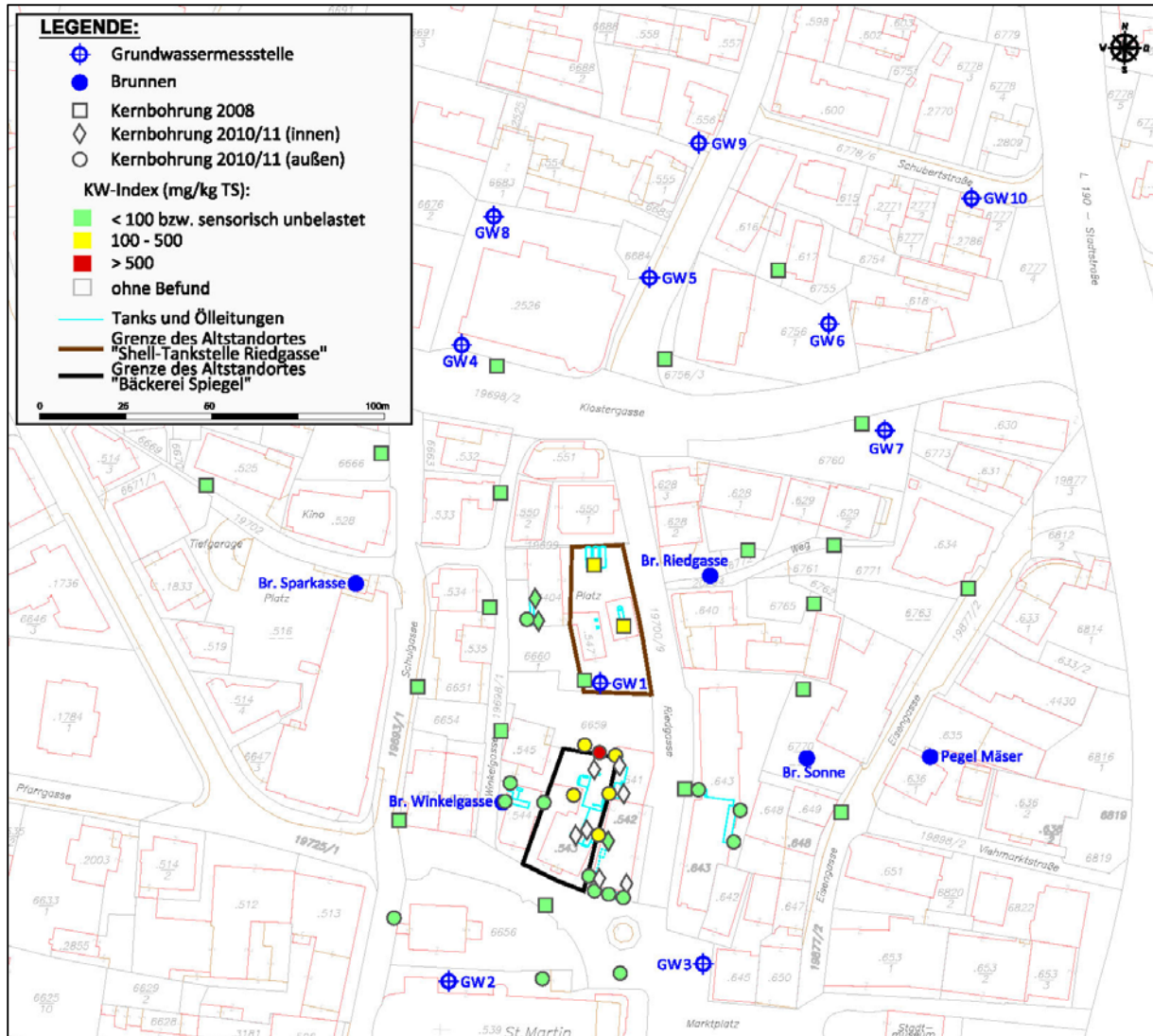


Abb.6: Lage der Kernbohrungen, KW-Verunreinigung im ungesättigten Untergrund

Bei den Bohrungen in den Innenräumen war der Untergrund sensorisch unauffällig, allerdings betrug die Bohrtiefe oft weniger als 1 m bzw. wurde meistens nicht der gesamte ungesättigte Untergrundbereich erschlossen (diese Untergrundaufschlüsse sind in Abbildung 6 als „ohne Befund“ dargestellt).

Sowohl an 3 Proben aus dem ungesättigten Untergrund nördlich der Backstube als auch an 3 Proben aus dem verunreinigten Grundwasserbereich (aus Bohrungen südlich Marktplatz 5, nördlich Backstube der Bäckerei Spiegel, westlich Shell Tankstelle Riedgasse) wurde Heizöl Leicht als Ausgangsprodukt identifiziert. Hinweise auf mikrobiellen KW-Abbau und andere Alterungsprozesse (z.B. Auswaschung niedrigsiedender Komponenten) waren in allen Proben vorhanden. Das Alter der KW-Verunreinigung wurde bei allen Proben mit  $\geq 20$  Jahren abgeschätzt. Das Öl aus der stillgelegten Leitung konnte ebenfalls als Heizöl Leicht identifiziert werden.

### 3.2.3 Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen

Im Zuge der Durchführung der Trockenkernbohrungen (sh. Kap. 3.2.1) wurden aus den Bohrungen KB3 und KB7 Grundwasser-Schöpfproben entnommen und hinsichtlich des Parameters KW-Index untersucht. Die Kohlenwasserstoff-Konzentrationen lagen bei 0,67 mg/l (KB7) und rd. 10 mg/l (KB3).

Im Sommer 2008 wurden 10 Grundwassermessstellen bis in Tiefen von 10-12 m unter GOK errichtet (DN115 bzw. 4½“; GW1-GW10). Die Lage der Messstellen ist in Abb. 5 und Abb. 6 ersichtlich. Bei den Messstellen GW1 und GW5 wurden in der gesättigten Zone starke Ölverunreinigungen des Untergrunds bzw. aufschwimmende Ölphasen festgestellt. Bei der Messstelle GW6 wurde eine Ölverunreinigung des Grundwassers (leichter Ölfilm) wahrgenommen.

An 4 Terminen (Oktober 2008, Februar, Mai und Oktober 2009) wurden an den neu errichteten Grundwassermessstellen sowie an bestehenden Messstellen (Br. Riedgasse, Br. Sparkasse, Br. Winkelgasse, Pegel Mäser) Grundwasserprobenahmen durchgeführt. An den stark belasteten Messstellen GW1, GW5 und Br. Riedgasse wurden Messungen der Ölschichtdicke durchgeführt und Schöpfproben der Ölphase zur Produkt- und Altersbestimmung entnommen. Bei den übrigen Messstellen wurden Schöpfproben und Pumpproben für Grundwasseruntersuchungen entnommen. Die Schöpfproben wurden hinsichtlich des Parameters KW-Index untersucht, die Pumpproben hinsichtlich des Parameterblocks I der GZÜV sowie des Parameters KW-Index. Beim 1. und 2. Termin wurden in den Pumpproben auch die Metalle Antimon, Arsen, Barium, Blei, Cadmium, Chrom gesamt, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink, Zinn sowie die Parameter PAK und BTEX untersucht.

Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen der Pumpproben für ausgewählte Parameter sind in Tabelle 2 dargestellt und den Orientierungswerten der ÖNORM S 2088-1 gegenübergestellt.

Die in der Tabelle 2 nicht dargestellten Parameter, insbesondere die Schwermetalle waren nicht nachweisbar bzw. lagen in unauffälligen Konzentrationen vor. Lediglich Barium wurde in den Messstellen im Schadenszentrum und im Abstrom in – gegenüber dem Anstrom – teilweise deutlich erhöhten Konzentrationen über der Geringfügigkeitsschwelle gemessen.

Geringe PAK-Konzentrationen waren bei den Messstellen GW6, GW7 und Br. Winkelgasse nachweisbar, wobei der Prüfwert (Summe von 15 PAK) bzw. der Maßnahmenschwellenwert (Summe von 4 PAK gem. TrinkwasserVO) unterschritten wurde.

Niedrige Sauerstoff-Konzentrationen ( $< 1$  mg/l), nicht nachweisbares Nitrat ( $< 1$  mg/l) und erhöhte DOC-Gehalte ( $> 5$  mg/l) traten bei den Messstellen Br. Winkelgasse, Br. Sparkasse, GW4 und GW6 auf. Niedrige Sulfat-Konzentrationen ( $< 10$  mg/l) und stark negative Redox-Potentiale (unter  $-150$  mV) wurden bei den Messstellen Br. Winkelgasse, GW6 und fallweise Br. Sparkasse gemessen. Fallweise war bei Proben aus diesen Messstellen auch Geruch nach Schwefelwasserstoff oder KW-Geruch festzustellen.

Erhöhte Natrium- und Chlorid-Konzentrationen ( $> 40$  mg/l bzw.  $> 100$  mg/l) waren bei den Messstellen GW7, GW4 und insbesondere GW9 festzustellen. Bei GW9 und GW4 traten auch erhöhte Kalium-Werte ( $> 30$  mg/l) auf, und bei GW4 auch hohe Ammonium-Konzentrationen ( $> 20$  mg/l).

Tabelle 2: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen – Pumpproben

Parameter	Einheit	BG	Anstrom			Schadenszentrum			seitlicher Abstrom			Abstrom			n <sub>mess.</sub>	PW < n <sub>MSW</sub>	n > MSW	ÖNORM S 2088-1	
			GW2, GW3, Pegel Mäser (n=11)			Br. Winkelgasse, GW6 (n=8)			Br. Sparkasse, GW4, GW7 (n=12)			GW8, GW9, GW10 (n=12)						PW	MSW
			Min.	Max.	Median	Min.	Max.	Median	Min.	Max.	Median	Min.	Max.	Median					
el. Leitf.	µS/cm	10	474	814	734	767	1093	1005	586	1328	1067	770	1742	880	43	-	-		
pH-Wert	-	n.a.	6,9	7,5	7,1	6,6	7,4	6,8	6,7	7,8	6,9	6,6	7,2	7,0	43	0	-	<6,5	>9,5
Sauerstoff	mg/l	1	1,4	8,8	4,1	<0,5	0,9	<0,5	<0,5	2,6	<0,5	<0,5	4,5	2,1	43	-	-		
Redox-Pot.	mV (Eh)	n.a.	145	187	160	-263	-156	-167	-301	85	-30	-48	93	-24	43	-	-		
Barium	mg/l	n.a.	0,07	0,16	0,13	0,16	0,73	0,45	0,21	0,54	0,39	0,21	1,50	0,83	21	10	-	0,34	+
Kalium	mg/l	0,1	3	18	10	8	19	12	7	48	10	9	37	14	43	18	-	12	
Natrium	mg/l	0,1	9	32	23	21	34	31	20	49	36	26	110	29	43	19	-	30	
Chlorid	mg/l	0,1	12	61	51	33	73	60	31	130	83	43	250	53	43	17	-	60	
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,8	0,3	<0,1	46	0,1	<0,1	1,0	0,3	43	15	-	0,3	
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	1	4,1	21	10	<1	1,1	<1	<1	2,4	1,2	<1	21	1,2	43	0	-	50	
Sulfat	mg/l	0,1	38	61	47	1,3	8,8	5,0	3	79	38	35	120	53	43	0	-	150	
DOC	mg/l	1	<0,5	1,0	0,6	5,2	16	6,6	0,6	13	3,6	0,6	10	1,5	43	-	-		
KW-Index (GC)	mg/l	0,1	<0,1	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,15	<0,1	<0,1	0,12	<0,1	43	38	5	0,06	0,1
ΣBTEX	µg/l	1	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	21	0	0	30	50
Benzol	µg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	21	0	0	0,6	1
Toluol	µg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	21	0	0	6	10

PW...Prüfwert der ÖNORM S 2088-1, Tabelle 4 und 5; Überschreitung =fett;

MSW...Maßnahmenswellenwert der ÖNORM S 2088-1, Tabelle 4 und 5; Überschreitung =fett;

ΣBTEX...Summe von Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole; DOC...gelöster organischer Kohlenstoff; +) Geringfügigkeitsschwelle lt. der deutschen Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2004)

Mineralölkohlenwasserstoffen (KW-Index) wurden vor allem beim 4. Untersuchungstermin nachgewiesen (d.h. nach einem Grundwasserhochstand im August 2009). Erhöhte Gehalte traten dabei in mehreren Messstellen im An- und Abstrom auf, sowohl in Pumpproben (GW2, GW3, Br. Sparkasse, GW7 und GW9) als auch in Schöpfproben (Br. Winkelgasse, GW7, GW4, GW8, GW9, GW10; Max.-Konzentration rd. 1 mg/l). Beim 1. bis 3. Untersuchungstermin traten erhöhte Kohlenwasserstoffwerte nur in den Messstellen GW7 (Schöpfprobe 3. Termin) und GW6 (Pumpprobe 1. Termin) auf.

Die Schichtdicke der am Grundwasser aufschwimmenden Ölphase wurde bei der Messstelle GW1 mit 1-12 mm, beim Br. Riedgasse mit 32 mm bis >250 mm (obere Bestimmungsgrenze) und bei der Messstelle GW5 mit 63 mm bis >250 mm bestimmt.

Das Alter der KW-Verunreinigung wurde im Bereich GW1 und Br. Riedgasse mit 10-20 Jahren abgeschätzt, bei GW5 mit rd. 20 Jahren. Als Ausgangsprodukt wurde Heizöl Leicht identifiziert.

Im Mai 2010 wurden nochmals an 4 Messstellen (GW2, GW3, GW4 und Br. Sparkasse) Grundwasserpumpproben entnommen und hinsichtlich des Parameters KW-Index untersucht. In keiner Probe waren Mineralölkohlenwasserstoffe nachweisbar (Bestimmungsgrenze 0,1 mg/l).

## 4 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

### 4.1 Ursachen, Art und Verteilung der Kontamination im Bereich der Altstandorte

Auf dem Altstandort „Bäckerei Spiegel“ wird seit fast 200 Jahren eine Bäckerei betrieben, in der ab 1965 eine Ölfeuerungsanlage zu Heizungszwecken und zum Betrieb der Backöfen eingesetzt wurde.

Auf dem Altstandort „Shell Tankstelle Riedgasse“ wurde von 1960 bis 1980 eine Tankstelle betrieben. Es wurden in unterirdischen Lagertanks Normal- und Superbenzin sowie Diesel gelagert und an den Zapfsäulen abgegeben.

Unmittelbar nördlich der Backstube der Bäckerei Spiegel, in der über Jahrzehnte Heizöl Leicht zum Betrieb der Backöfen eingesetzt wurde, ist eine erhebliche Belastung des ungesättigten Untergrunds bis in den Grundwasserschwankungsbereich durch Heizöl Leicht vorhanden (Überschreitungen des Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 für den Parameter KW-Index).

Im Grundwasserschwankungsbereich im Bereich der Altstandorte „Bäckerei Spiegel“ und „Shell Tankstelle Riedgasse“ sowie in deren Umgebung liegen ebenfalls erhebliche Verunreinigungen durch Kohlenwasserstoffe in Form stark erhöhter Gesamtgehalte (Überschreitungen des Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 für den Parameter KW-Index) und als auf dem Grundwasser aufschwimmende Ölphase vor. Entsprechend den Ergebnissen einer Produktbestimmung handelt es sich bei dem Mineralöl ebenfalls um Heizöl Leicht, welches sich von Heizöl Extraleicht bzw. Diesel durch einen erheblichen Anteil an Kohlenwasserstoffen der Schmierölfraktion unterscheidet.

Die erhebliche Untergrundbelastung durch Heizöl Leicht im Grundwasserschwankungsbereich erstreckt sich von etwa 10 m südlich des Altstandortes „Bäckerei Spiegel“ über eine Länge von etwa 200 m in nördlicher Richtung und erreicht dabei eine maximale Breite von etwa 120 m. Die Gesamtfläche des erheblich belasteten Untergrundbereiches (Überschreitung Maßnahmenschwellenwert und/oder aufschwimmende Ölphase) kann mit 15.000-20.000 m<sup>2</sup> abgeschätzt werden. Die Mächtigkeit der Ölphase bewegt sich im Millimeter- bis Dezimeter-Bereich.

Aufgrund des Schadensbildes (Art und Verteilung der Schadstoffe im gesättigten und ungesättigten Untergrund, Lage und Ausdehnung der Verunreinigung) ist davon auszugehen, dass die festgestellten Untergrundverunreinigungen durch Heizöl Leicht ausgehend vom Altstandort „Bäckerei Spiegel“ entstanden sind. Es wurden keine weiteren Verunreinigungen des Untergrundes im Umfeld des Altstandortes „Bäckerei Spiegel“, die auf andere Ursachen für die Verunreinigungen des Grundwasserschwankungsbereiches hinweisen, festgestellt. Aufgrund der Größe des verunreinigten Bereiches kann angenommen werden, dass die Ausbreitung von Heizöl Leicht über einen längeren Zeitraum erfolgte. Gemäß den Ergebnissen der Altersbestimmung ist davon auszugehen, dass die Untergrundverunreinigung teilweise vor dem Jahr 1990 und teilweise danach erfolgt ist. Das im Jahre 1993 beobachtete Auftreten einer Ölverunreinigung im Grundwasserbereich einer Baugrube westlich der Altstandorte lässt vermuten, dass bereits zu diesem Zeitpunkt der Mineralölschaden die aktuell festgestellte Ausdehnung erreicht hatte, und dass ein Großteil der eingetragenen Ölmenge sich bereits vor 1990 im Untergrund befand.

Das Volumen des erheblich verunreinigten Bereiches kann entsprechend einer durchschnittlichen Mächtigkeit von rd. 1 m mit 15.000-20.000 m<sup>3</sup> abgeschätzt werden. Das Heizöl Leicht im Untergrund weist deutliche Anzeichen mikrobieller Abbauvorgänge und anderer Alterungsprozesse (Auswaschung mobiler Anteile) auf. Allerdings zeigen die Grundwasseruntersuchungen, dass aktuell noch mobilisierbare und gut abbaubare Anteile vorhanden sind.

In Abbildung 7 sind anhand der Ergebnisse der Untergrund- und Grundwasseruntersuchungen die erheblich verunreinigten Untergrundbereiche schematisch dargestellt.

Beim Altstandort „Shell Tankstelle Riedgasse“ weist der ungesättigte Untergrund im Bereich der Lagertanks und Zapfsäulen nur geringe Belastungen durch Mineralölkohlenwasserstoffe auf. Ein relevanter Beitrag des Altstandortes „Shell Tankstelle Riedgasse“ zum festgestellten Schadensbild ist nicht anzunehmen.

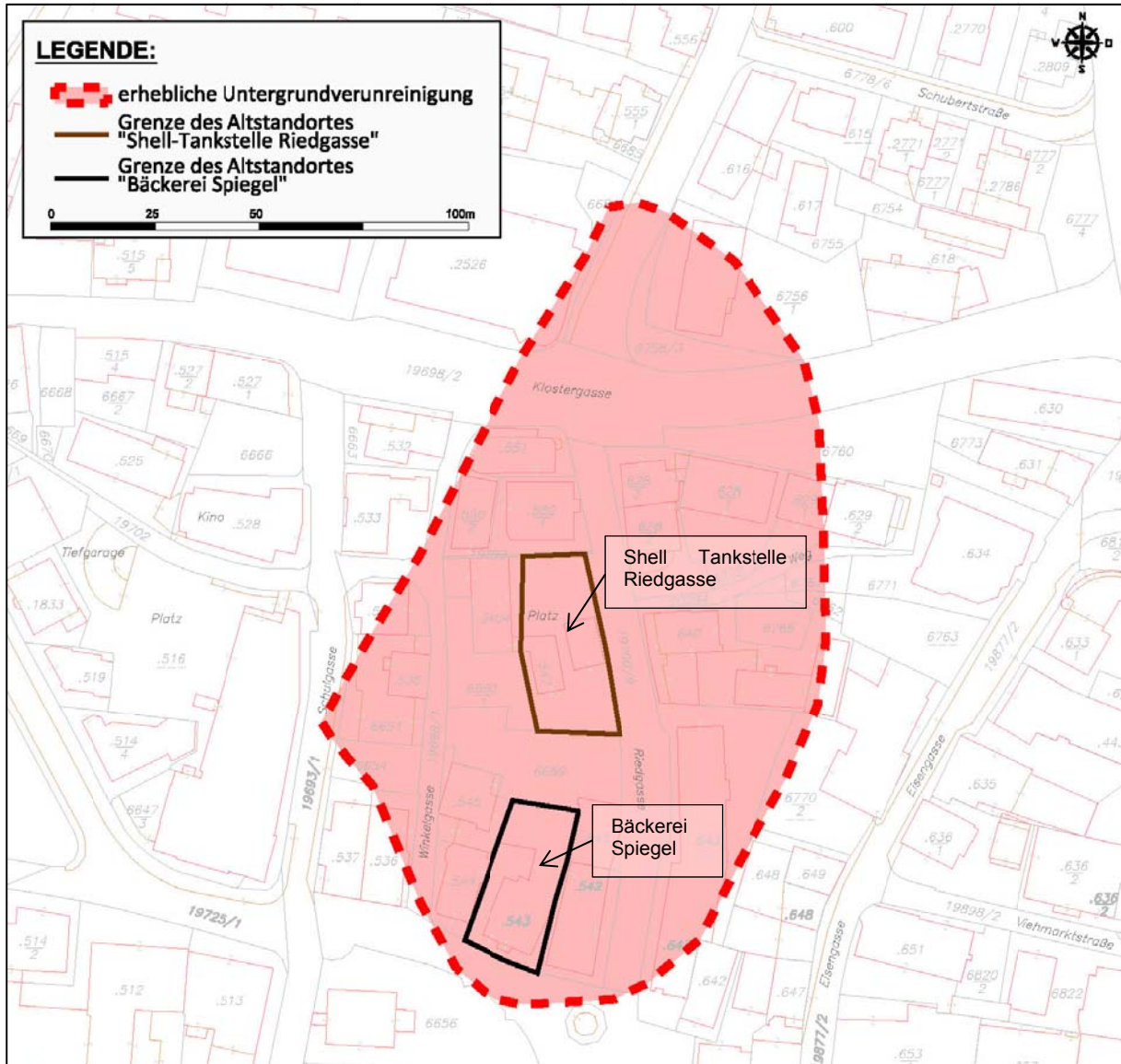


Abb.7: Erheblich verunreinigte Untergrundbereiche im Grundwasserschwankungsbereich

## 4.2 Schutzgut Grundwasser

Das aus südlicher Richtung anströmende Grundwasser weist einen mäßigen Sauerstoffgehalt und indifferente Redox-Verhältnisse auf. Die anthropogene Vorbelastung ist relativ gering, nur stellenweise liegen erhöhte Kalium-, Natrium- und Chloridgehalte vor, und bei hohen Grundwasserspiegellagen treten erhöhte Kohlenwasserstoffgehalte bis knapp über dem Maßnahmenschwellenwert der ÖNORM S 2088-1 auf, die auf eine Kohlenwasserstoffbelastung des Untergrunds im Anstrombereich hinweisen.

Im Grundwasserabstrom des erheblich verunreinigten Untergrundbereiches weisen erhöhte Gehalte an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) sowie reduzierende Redox-Verhältnisse – Sauerstoff, Nitrat und teilweise Sulfat sind nicht oder nur in sehr geringen Konzentrationen nachweisbar – auf den mikrobiellen Abbau von löslichen bzw. gelösten Heizöl-Bestandteilen hin. Mineralölkohlenwasserstoffe (als KW-Index) sind im Grundwasserabstrom des erheblich verunreinigten Untergrundbereiches allerdings nur fallweise an einzelnen Messstellen sowie bei hohen Grundwasserspiegellagen in Konzentrationen über dem Maßnahmenschwellenwert nachweisbar. Es ist daher davon auszugehen, dass stark erhöhte Konzentrationen gelöster Mineralölkohlenwasserstoffe im Wesentlichen nur in den massiv verunreinigten Bereichen mit aufschwimmender Ölphase vorliegen, und dass im unmittelbaren Abstrom der Ölphase nur geringe Schadstofffrachten auftreten. Die Länge der Schadstofffahne ab dem Ende der Ölphase kann mit maximal 100 m angenommen werden. In den abstromig gelegenen Grundwassermessstellen ist die abströmende Fracht an Mineralölkohlenwasserstoffen mit etwa 10 g/d gering und nur zeitweise bzw. bei hohen Grundwasserspiegellagen nachweisbar.

Aufgrund der Art der Schadstoffe und des Alters der Kontamination ist keine weitere Ausdehnung der Schadstofffahne zu erwarten.

PAK treten im Grundwasser nur in geringen Konzentrationen auf, BTEX-Aromaten sind nicht nachweisbar. Die im Abstrom stellenweise stark erhöhten Natrium-, Kalium-, Ammonium- und Chlorid-Konzentrationen stehen nicht mit der Heizöl-Verunreinigung in Zusammenhang, sondern sind auf andere anthropogene Quellen zurückzuführen. Die erhöhten Barium-Konzentrationen sind vermutlich auf die Freisetzung geogener Bariumvorkommen infolge der sulfatreduzierenden Redox-Verhältnisse zurückzuführen. Die Barium-Fracht im Grundwasserabstrom ist allerdings als gering einzustufen.

## 4.3 Zusammenfassung der Beurteilung

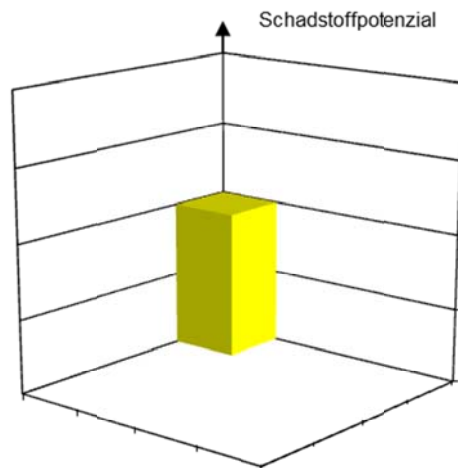
Die Untersuchungsergebnisse zeigen zusammenfassend, dass im Bereich der Altstandorte „Bäckerei Spiegel“ und „Shell Tankstelle Riedgasse“ im Stadtzentrum von Dornbirn eine erhebliche Untergrundverunreinigung durch Heizöl Leicht vorliegt. Auf einer Fläche von 15.000 m<sup>2</sup> - 20.000 m<sup>2</sup> schwimmt Mineralöl auf dem Grundwasser und der Grundwasserschwankungsbereich in etwa 6-8 m Tiefe ist erheblich verunreinigt. Ausgangspunkt dieser Verunreinigung ist nicht der Altstandort „Shell Tankstelle Riedgasse“, auf dem Benzin und Diesel, jedoch kein Heizöl Leicht umgeschlagen wurden, sondern der Altstandort „Bäckerei Spiegel“, in dem seit 1965 Backöfen mit Heizöl Leicht betrieben werden. Im Abstrombereich der Untergrundverunreinigungen sind die Belastungen des Grundwassers gering. Die Länge der Schadstofffahne kann mit max. 100 m angenommen werden. Die großflächigen Verunreinigungen des Untergrundes durch Heizöl Leicht stellen eine erhebliche Gefahr für die Umwelt dar.

## 5 PRIORITÄTENKLASSIFIZIERUNG

Maßgebliches Schutzgut für die Bewertung des Ausmaßes der Umweltgefährdung ist das Grundwasser. Die maßgeblichen Kriterien für die Prioritätenklassifizierung können wie folgt zusammengefasst werden:

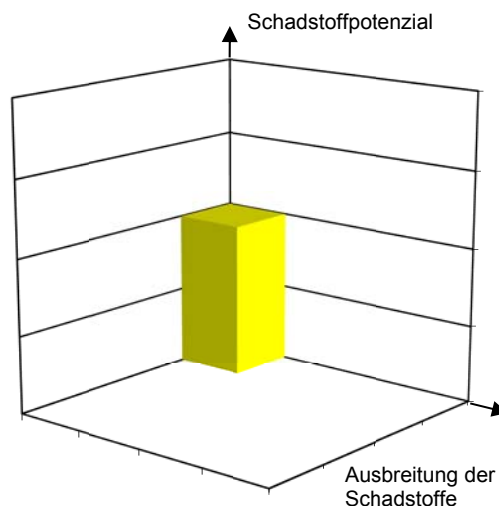
### 5.1 Schadstoffpotenzial: groß (2)

Auf einer Fläche von 15.000 m<sup>2</sup> - 20.000 m<sup>2</sup> ist der Untergrund vor allem im Grundwasserschwankungsbereich mit Mineralölkohlenwasserstoffen (Heizöl Leicht) erheblich verunreinigt. Das Volumen des erheblich verunreinigten Untergrundbereiches kann mit 15.000 m<sup>3</sup> - 20.000 m<sup>3</sup> abgeschätzt werden. Heizöl Leicht weist aufgrund der stofflichen Eigenschaften ein hohes Gefährdungspotential für das Grundwasser auf. Unter Berücksichtigung der Art der Schadstoffe und der im Untergrund vorhandenen Schadstoffmenge ergibt sich insgesamt ein großes Schadstoffpotenzial.



### 5.2 Schadstoffausbreitung: lokal (1)

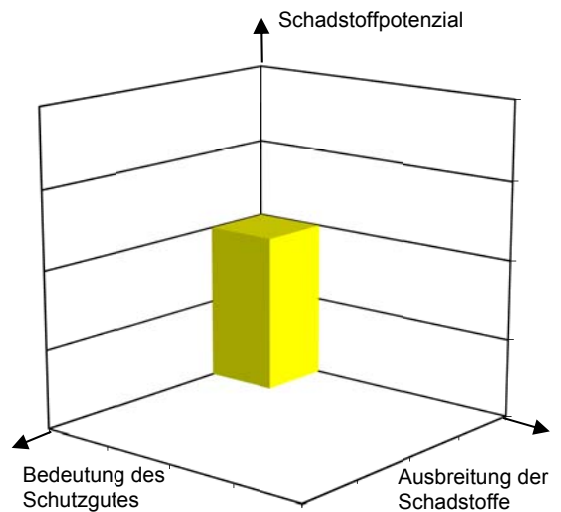
Aufgrund der Untergrundverhältnisse und der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen kann die Länge der Schadstofffahne in einer Größenordnung von max. 100 m abgeschätzt werden. Die Schadstofffracht für Mineralölkohlenwasserstoffe im Grundwasser ist als gering zu beurteilen. Die Schadstoffausbreitung ist insgesamt als lokal zu beurteilen. Eine weitere Schadstoffausbreitung ist mittel- bis langfristig nicht zu erwarten.





### 5.3 Schutzgut: nutzbar (1)

Der Bereich mit erheblicher Mineralölbelastung liegt in keinem besonders geschützten Gebiet. Etwa 500 m nördlich des Altstandortes befinden sich 2 Nutzwasserbrunnen. Weitere Nutzwasserbrunnen befinden sich 300-400 m südlich bzw. anstromig zum Altstandort. Brunnen zur Trinkwasserversorgung sind bis 500 m Entfernung nicht bekannt. Ein etwa 30 m nordöstlich gelegener Hausbrunnen wird nicht mehr genutzt. In der weiteren Umgebung (>500 m entfernt) befinden sich mehrere Brunnen bzw. Sonden für den Betrieb von Wärmepumpen. Eine Gefährdung bestehender Nutzungen zu Wasserversorgungszwecken ist nicht gegeben. Das Grundwasserdargebot ist als gering zu beurteilen und weist anthropogene Vorbelastungen auf. Das Grundwasservorkommen ist daher insgesamt als nutzbar zu beurteilen.



### 5.4 Prioritätenklasse – Vorschlag: 3

Entsprechend der Beurteilung der vorhandenen Untersuchungsergebnisse, der Gefährdungsabschätzung und den im Altlastensanierungsgesetz § 14 festgelegten Kriterien schlägt das Umweltbundesamt die Einstufung der „Mineralölkontamination Riedgasse Dornbirn“ in die Prioritätenklasse 3 vor.

## 6 HINWEISE ZUR NUTZUNG

Die Altstandorte „Shell Tankstelle Riedgasse“ und „Bäckerei Spiegel“ sind teilweise bebaut und gewerblich genutzt, die Freiflächen sind weitestgehend asphaltiert. In der Umgebung der Altstandorte, innerhalb des Bereiches der erheblichen Untergrundverunreinigungen befinden sich entsprechend der zentralen Lage im Stadtgebiet von Dornbirn zahlreiche Wohn- und Bürogebäude sowie Gewerbebetriebe und Verkehrsflächen.

Bei der Nutzung von Standorten innerhalb des Bereiches der erheblichen Untergrundverunreinigungen sind zumindest folgende Punkte zu beachten:

- Durch eine Änderung der Nutzung können sich neue Gefahrenmomente ergeben und der Umweltzustand verschlechtert werden (z.B. zusätzliche Mobilisierung von Schadstoffen durch Versickerung von Niederschlagswässern).
- In Zusammenhang mit allfälligen zukünftigen Bauvorhaben bzw. der Befestigung von Oberflächen muss die Art der Ableitung der Niederschlagswässer eingehend untersucht werden. Eine erhöhte Mobilisierung von Schadstoffen und ein erhöhter Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser durch Versickerungen muss ausgeschlossen werden.
- Es ist mit erheblichen Kontaminationen des Untergrundes, insbesondere im Grundwasserschwankungsbereich zu rechnen. Die bei Tiefbauarbeiten ausgehobenen kontaminierten Materialien müssen den geltenden gesetzlichen Bestimmungen entsprechend behandelt bzw. entsorgt werden.
- Es ist mit stark verunreinigtem Grundwasser bzw. auf dem Grundwasser aufschwimmender Ölphase zu rechnen.
- Bei einer Nutzung des Grundwassers im Abstrombereich der erheblichen Untergrundverunreinigungen sind die Nutzungsmöglichkeiten zu prüfen.

## 7 HINWEISE ZUR SANIERUNG

### 7.1 Ziele der Sanierung

Aufgrund der Eigenschaften der Schadstoffe, der Standortverhältnisse, der Verteilung der Schadstoffe im Untergrund (dreidimensionales Schadensbild) sowie der Nutzungssituation an der Geländeoberfläche und der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse sind bei der Definition des Sanierungszieles insbesondere folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Die Verunreinigung des Untergrundes ist so weit zu reduzieren, dass die Schadstofffracht im Grundwasser in ihrer Ausdehnung begrenzt wird und die Schadstofffracht dauerhaft minimiert wird.

Die Festlegung der standortspezifischen Sanierungszielwerte sollte unter Beachtung der beschriebenen Gesichtspunkte erfolgen. Sanierungszielwerte sind für die relevanten Schadstoffe (KW-Index) zu definieren. Darüber hinaus müssen dazu auch die notwendigen Maßnahmen zur Überwachung der Sanierung (z.B. Probenahmestellen, Zeitpunkt und Häufigkeit der Probenahmen) sowie Auswertungsregeln für die Messwerte (z.B. Unterschreitung des Sanierungszielwertes über zumindest ein halbes Jahr an jeder untersuchten Grundwasserprobe) eindeutig nachvollziehbar konkretisiert werden.

## 7.2 Empfehlungen zur Variantenstudie

In Zusammenhang mit der Durchführung einer Variantenstudie und in Zusammenhang mit dem vom Lebensministerium im Jahr 2009 veröffentlichten „Leitbild Altlastenmanagement“ (insbesondere Leitsätze 4 und 5) wird eine Berücksichtigung folgender Punkte empfohlen:

- Bei der Planung von Maßnahmen ist zu prüfen, ob das Schadensbild, insbesondere die Ausdehnung der am Grundwasser aufschwimmenden Ölphase bzw. des erheblich verunreinigten Untergrundbereiches, mit der erforderlichen Genauigkeit bekannt ist.
- Die vorhandenen Schadstoffe (Kohlenwasserstoffe aus Heizöl Leicht) sind grundsätzlich biologisch abbaubar. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse weisen auf einen stattfindenden mikrobiellen Abbau im Untergrund und im Grundwasser hin.
- Entsprechend dem Schadensbild und den hydrogeologischen Standortverhältnissen erscheinen hydraulische Maßnahmen und/oder Konzepte zur „Monitored Natural Attenuation“ als Maßnahmen möglich.
- Bei einer teilweisen Entfernung hoch belasteter Bereiche sind die Effekte hinsichtlich der Sanierungsziele zu beurteilen.

DI Martin Weisgram e.h.

## Anhang

### Verwendete Unterlagen und Bewertungsgrundlagen

- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 Abs.1 ALSAG 1989 für die Verdachtsfläche „Shell Tankstelle Riedgasse“, KG Dornbirn. 1. Zwischenbericht. Dornbirn, April 2007
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 Abs.1 ALSAG 1989. Verdachtsfläche „Shell Tankstelle Riedgasse“, KG Dornbirn. 2. Zwischenbericht. Dornbirn, April 2008
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 Abs.1 ALSAG 1989. Verdachtsfläche „Shell Tankstelle Riedgasse“, KG Dornbirn. 3. Zwischenbericht. Dornbirn, August 2009
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 Abs.1 ALSAG 1989. Verdachtsfläche „Shell Tankstelle Riedgasse“, KG Dornbirn. Abschlussbericht. Dornbirn, November 2012
- ÖNORM S 2088-1: Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser, 1.9.2004
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser. Düsseldorf, 2004
- Leitbild Altlastenmanagement, sechs Leitsätze zur Neuausrichtung der Beurteilung und Sanierung von kontaminierten Standorten; Wien, Mai 2009
- Diverse ergänzende Unterlagen des Amtes der Vorarlberger Landesregierung (übermittelt mit Schreiben vom 30.04.2014)

Die ergänzenden Untersuchungen wurden im Rahmen der Vollziehung des Altlastensanierungsgesetzes vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft veranlasst und finanziert. Die Grundwasseruntersuchungen von Mai 2010 wurden vom Amt der Vorarlberger Landesregierung veranlasst und finanziert.