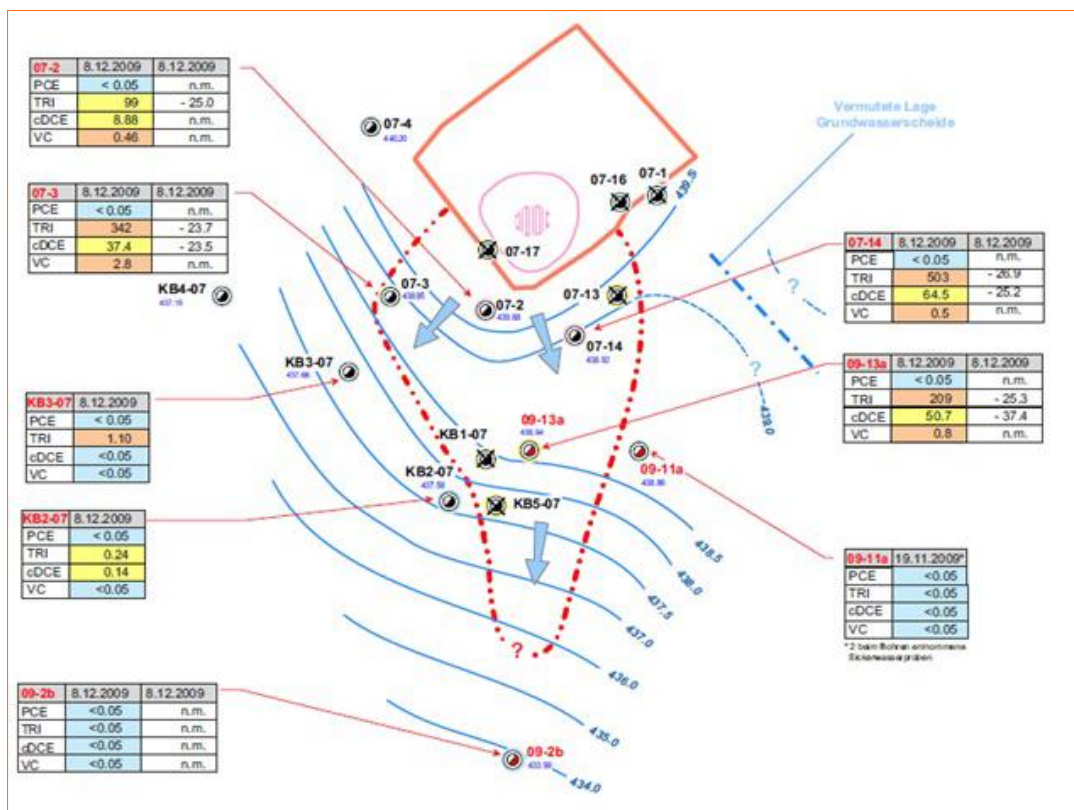




CKW-Standorte: Auswertung von Untersuchungen und Sanierungen im Kanton Zürich

Stand: September 2016



Inhalt

1. Ausgangslage	3
1.1. Herausforderung Untersuchung und Sanierung von Standorten, die mit Chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) belastet sind	3
1.2. Kataster der belasteten Standorte (KbS) – Überblick CKW-Standorte	3
1.3. Auslöser und Ziel der Auswertung	4
2. Datengrundlage	4
3. Ergebnisse der Auswertung	5
3.1. Voruntersuchungen	5
3.2. Detailuntersuchungen	13
3.3. Aktueller Stand sanierungsbedürftige Standorte	14
3.4. Überwachungsmassnahmen	15
3.5. Sanierungsprojekt	16
3.6. Sanierungen	17
3.7. Dekontamination im Rahmen eines Bauvorhabens	22
4. Fazit	22
5. Ausblick	23

1. Ausgangslage

1.1. Herausforderung Untersuchung und Sanierung von Standorten, die mit Chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) belastet sind

Untersuchungen und Sanierungen von Standorten, die mit Chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) belastet sind, erweisen sich oft als komplex, langwierig und finanziell aufwendig. Hauptgründe dafür sind die Stoffeigenschaften der CKW, insbesondere die hohe Mobilität, die häufig zu einer schwierigen Lokalisierung der Belastung im Untergrund und einer unregelmässigen Anreicherung der Schadstoffe führt. Auch der langsame und selten vollständige Abbau, die Bildung von toxischen Abbauprodukten sowie Unsicherheiten bei den Probenahmen erschweren den Umgang mit CKW-Belastungen.

1.2. Kataster der belasteten Standorte (KbS) – Überblick CKW-Standorte

Im Kanton Zürich sind im Kataster der belasteten Standorte 704 Betriebsstandorte eingetragen, die mit CKW in Verbindung gebracht werden können. Bei diesen ist nachgewiesen oder wird vermutet, dass CKW zum Einsatz kamen und in den Untergrund eindringen konnten. Von den Standorten sind derzeit 40 als sanierungsbedürftig (SAN), 44 als überwachungsbedürftig (UEB) und 212 als belastet, weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig, in den KbS eingetragen (Abbildung 1). Auf den restlichen 408 Standorten sind für eine altlastenrechtliche Beurteilung noch Untersuchungen durchzuführen.

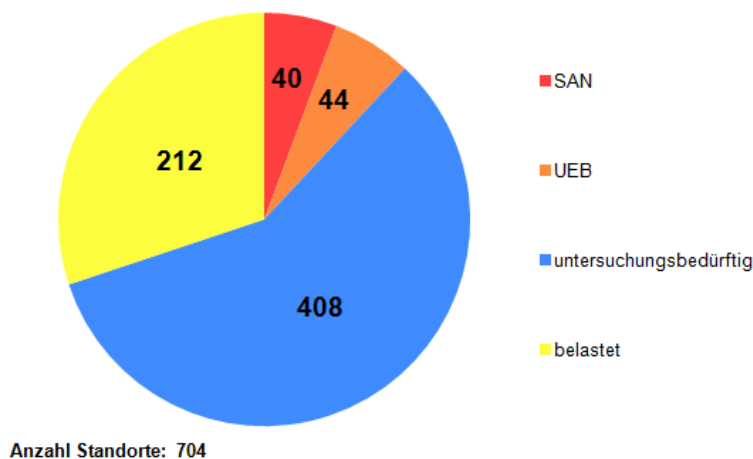


Abbildung 1: Eintrag der mit CKW belasteten Standorten im KbS (Stand: Mai 2015)

1.3. Auslöser und Ziel der Auswertung

Auslöser für die vorliegende Auswertung war die Frage, wie mit den untersuchungsbedürftigen Standorten im Kanton Zürich umgegangen werden soll, im speziellen mit den Standorten, bei denen CKW eine Rolle spielt. Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass die Untersuchungen und Sanierungen an solchen Standorten komplex und teils mit hohem Aufwand und Unsicherheiten verbunden sind. Über die Auswertung soll ein Gesamtüberblick über die bisherigen Untersuchungen und Sanierungen geschaffen und die wichtigsten Erkenntnisse zusammengetragen werden.

2. Datengrundlage

Die vorliegende Auswertung bezieht sich auf Untersuchungen und Sanierungen auf CKW-Standorten, die im Zeitraum von 2002 bis 2015 durchgeführt wurden. Um einen möglichst umfassenden Überblick über die Sanierungsmassnahmen im Kanton Zürich zu erhalten, wurden in den Kapiteln 3.4. *Sanierungsprojekt* und 3.5. *Sanierungen* zusätzlich auch Standorte aufgenommen, an denen die Untersuchung vor 2002 stattgefunden haben.

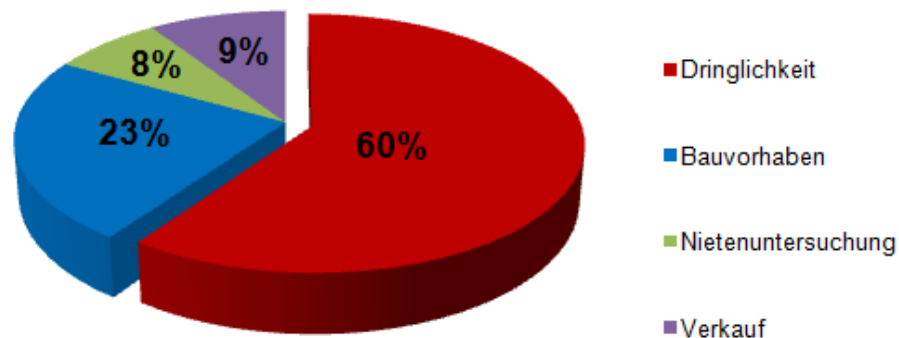
Datengrundlage dieser Auswertung ist eine Abfrage aus der Datenbank Altlasteninformationssystem (ALIS) vom 7. Mai 2015. Dabei wurden die Standorte herausgefiltert, bei welchen aufgrund CKW mindestens eine altlastenrechtliche Untersuchung durchgeführt wurde. Hinsichtlich der durchgeführten Sanierungsmassnahmen im Kanton Zürich wurde zusätzlich am 8. Oktober 2015 eine Abfrage in der Datenbank der sanierten Altlasten der Schweiz (SanDat) gemacht. Es hat sich gezeigt, dass 6 der 31 in Verbindung mit CKW angezeigten Standorte aufgrund anderer Stoffe saniert wurden und dabei CKW nur eine untergeordnete Rolle spielte (weil in Spuren vorhanden). 6 weitere Standorte aus SanDat waren wiederum nicht in der ALIS-Abfrage enthalten. Dies ist auf die allgemeinen Unsicherheiten bei Abfragen aus Datenbanken zurück zu führen. So erhebt auch die vorliegende Auswertung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie gibt jedoch einen guten Überblick über die bereits durchgeführten Untersuchungen und Sanierungen im Kanton Zürich.

3. Ergebnisse der Auswertung

3.1. Voruntersuchungen

Auslöser für die Untersuchungen

Im Kanton Zürich wurden zwischen 2002 und 2015 auf 172 Standorten, bei denen ein Verdacht auf CKW im Untergrund vorlag, eine Voruntersuchung (VU) gemäss Altlastenverordnung (AltIV) durchgeführt. Ziele einer VU nach Art. 7 AltIV sind Art und Menge der Stoffe am Standort, deren Freisetzungsmöglichkeiten und die Bedeutung der betroffenen Umweltbereiche zu ermitteln. Fast zwei Drittel der VU wurden aufgrund



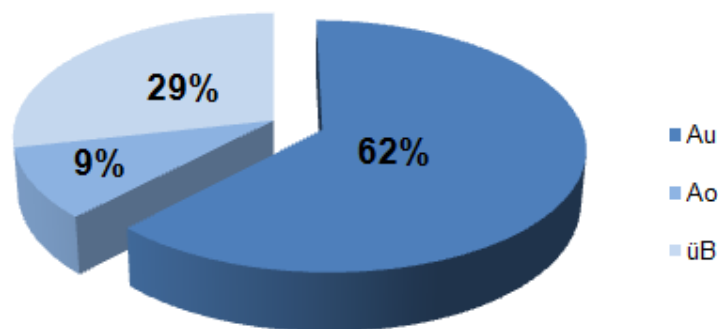
Anzahl Standorte: 172

Abbildung 2: Auslöser für die Voruntersuchung

einer hohen Dringlichkeit ausgelöst (Abbildung 2), d.h. die Voruntersuchung hatte innerhalb von 3 Jahren nach dem Eintrag des Standortes in den KbS zu erfolgen. An diesen, als *prioritär untersuchungsbedürftig* in den KbS eingetragenen Standorten, wurden die VU im Kanton Zürich bereits bis 2014 durchgeführt. Ca. ein weiteres Viertel der Untersuchungen wurde im Rahmen eines Bauvorhabens ausgelöst und die restlichen Standorte aufgrund dem Verkauf des Grundstückes oder einer *Nietenuntersuchung*. Die sogenannten *Nietenuntersuchungen* erfolgten alle ab 2008 und haben ihre Grundlage in der Revision des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz [USG] vom 7. Oktober 1983), die am 1. November 2006 in Kraft trat. Ziel der Untersuchung ist eine Löschung bzw. Entlassung aus dem KbS.

Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer

Aufgrund der Wasserlöslichkeit und der hohen Persistenz von CKW ist insbesondere das Schutzgut Grundwasser gefährdet. Rund zwei Drittel der untersuchten Standorte befinden sich im Gewässerschutzbereich A_U, etwas weniger als ein Drittel im Gewässerschutzbereich A₀ und die restlichen Standorte im üB (Abbildung 3).



Anzahl Standorte: 172

Abbildung 3: Gewässerschutzbereiche, in denen sich die untersuchten CKW-Standorte befinden

Schutzgüter Luft und Boden

An einigen der Standorte wurden Konzentrationen in der Porenluft über dem Konzentrationswert AltIV gemessen. Da jedoch an keinem der Standorte Personen über längere Zeit diesen Konzentrationen ausgesetzt sind, wurde aufgrund des Schutzgutes Luft kein Standort als sanierungsbedürftig gemäss AltIV beurteilt. Auch hinsichtlich des Schutzgutes Boden wurde kein Standort als sanierungsbedürftig nach AltIV beurteilt.

Altlastenrechtliche Beurteilung nach der Voruntersuchung

Die Standorte wurden altlastenrechtlich alle nach den Schutzgütern Grundwasser (Art. 9 AltIV) und Oberflächengewässer (Art. 10 AltIV) beurteilt.

Durchgeführte Untersuchungen / beprobte Medien

Bei 132 VU wurde das Grundwasser (GW) beprobt (Abbildung 4). An den restlichen 40 Standorten konnten keine Grundwasserproben genommen werden, da der Untergrund aus schlecht durchlässigen geologischen Formationen wie Moräne, Seeablagerungen und/oder Molasse aufgebaut ist und/oder oberflächennah sehr wenig bis gar kein (Hang-) Sickerwasser angetroffen wurde. An fast allen dieser Standorte wurden mit Porenluft (PL) und Feststoff (FS) zwei Medien beprobt.

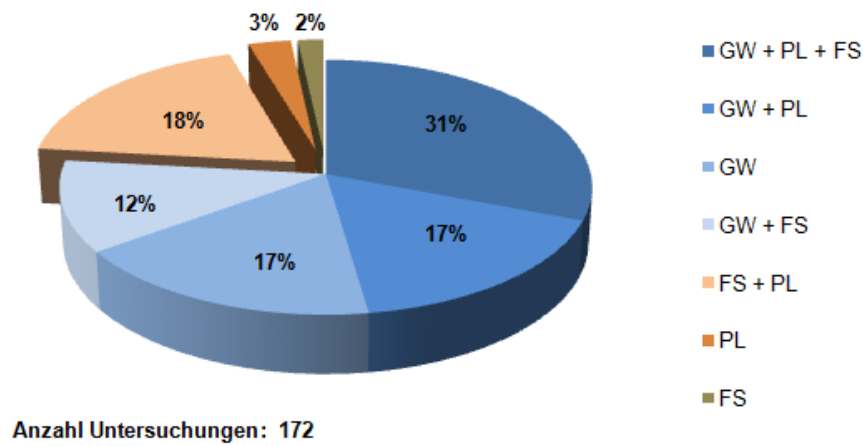


Abbildung 4: Im Rahmen der Voruntersuchung beprobte Medien

Anzahl Sondierungen

Im Rahmen der VU wurde bei den meisten Standorten (138) zwischen 1 und 15 Sondierungen durchgeführt (Abbildung 5). Diese Zahlen beziehen sich auf die gesamte Anzahl der Sondierungen, unabhängig von den beprobten Medien.

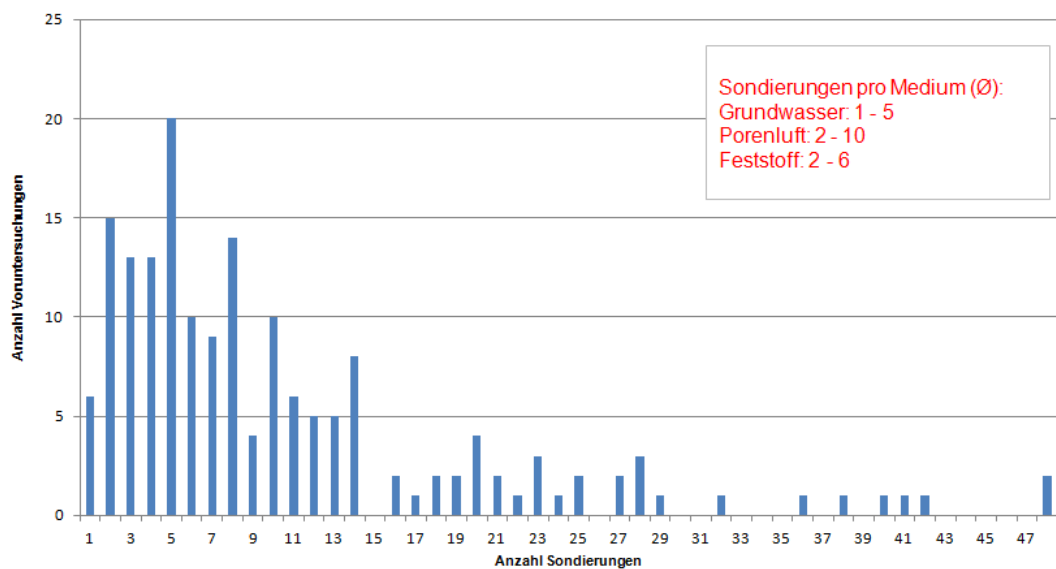


Abbildung 5: Anzahl der Sondierungen pro Voruntersuchung

An den Standorten mit mehr als 15 Sondierungen ist dies zumeist auf eine gross angelegte Porenluftkampagne zurückzuführen. Durchschnittlich wurden folgende Anzahl an Sondierungen hinsichtlich der einzelnen Medien durchgeführt:

- 1 bis 5 Grundwasser
- 2 bis 10 Porenluft
- 2 bis 6 Feststoff

Altlastenrechtliche Klassierung nach VU

Nach abgeschlossener VU konnte ein Drittel der Standorte aus dem KbS gelöscht werden (Abbildung 6). Etwas weniger als ein weiteres Drittel wurde als belastet, weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig, beurteilt. Die restlichen Standorte wurden als überwachungs- oder sanierungsbedürftig beurteilt.

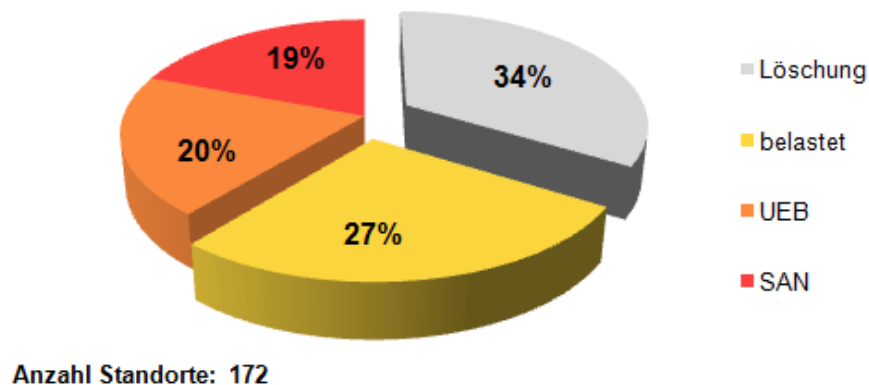
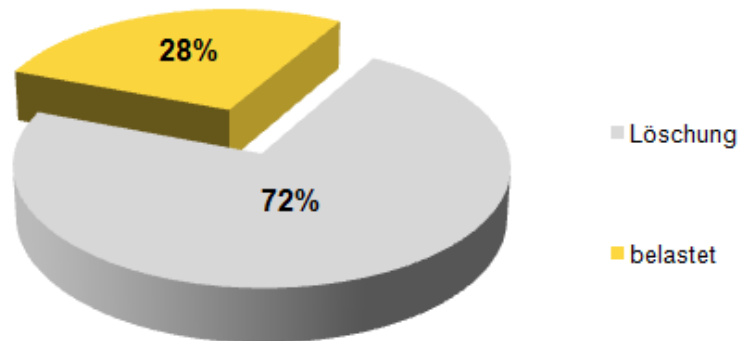


Abbildung 6: altlastenrechtliche Klassierung der Standorte nach der VU (UEB=Überwachungsbedürftig; SAN=Sanierungsbedürftig)

Löschung nach VU ohne Grundwasserbeprobung

An 40 der 172 Standorte wurde während der VU kein Grundwasser beprobt (Abbildung 4). Von diesen Standorten wurden nach der VU 72 % gelöscht und 28% als belastet beurteilt (Abbildung 7). Um eine Löschung aus dem KbS zu beantragen ist nach den Vorgaben von ChloroNet normalerweise zwingend das Grundwasser-Kriterium zu beachten, d.h. die Differenz der Konzentrationen an CKW im Grundwasser zwischen Zu- und Abstrom darf nicht grösser als 1 µg/l betragen. An



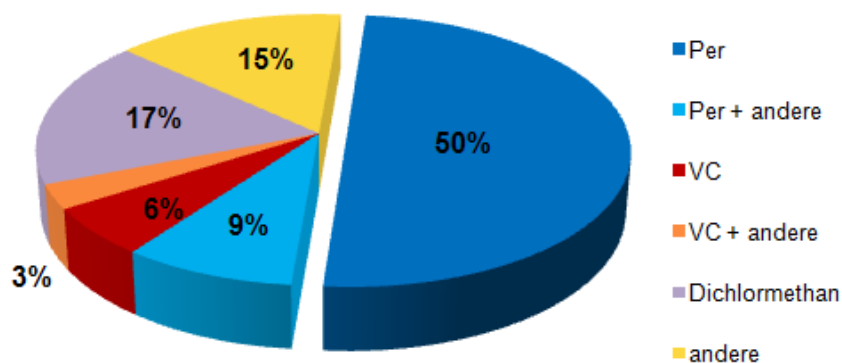
Anzahl Standorte: 40

Abbildung 7: altlastenrechtliche Beurteilung der Standorte, an denen kein GW beprobt wurde

einigen Standorten war es aufgrund standortspezifischer Eigenschaften nicht möglich das Grundwasser zu beproben. In diesen Fällen bestehen besondere Anforderungen an eine Plausibilisierung der Ergebnisse der Untersuchungen an Feststoff und Porenluft in Verbindung mit den Erkenntnissen aus der HU. Diese sind in dem Merkblatt „Kriterien für die Abgrenzung bzw. Löschung von CKW-belasteten Standorten“ beschrieben.

Schadstoffe, die zu einem Überwachungsbedarf geführt haben

An mehr als der Hälfte der überwachungsbedürftigen Standorte hat Tetrachlorethen (Per) zu einem Überwachungsbedarf geführt (Abbildung 8). Der zweithäufigste Stoff ist Dichlormethan (DCM) und an dritter Stelle folgt Vinylchlorid (VC). Bei den weiteren Stoffen handelt es sich um Freon 11, Trichlorethen (Tri) und Tetrachlormethan.

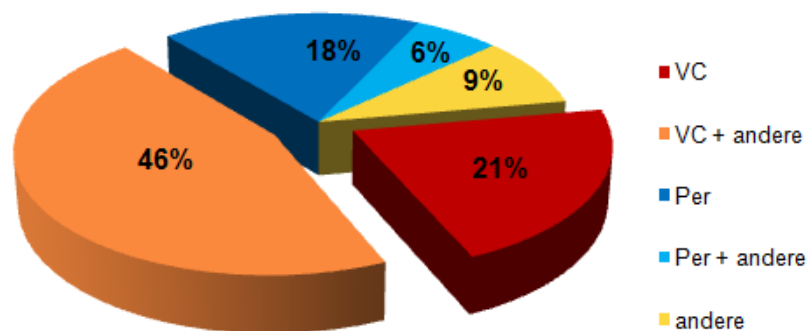


Anzahl Standorte: 34

Abbildung 8: Schadstoffe, die zu einem Überwachungsbedarf geführt haben

Schadstoffe, die zu einem Sanierungsbedarf geführt haben

Hinsichtlich der sanierungsbedürftigen Standorte zeigt sich ein etwas anderes Bild (Abbildung 9). Bei zwei Drittel der Fälle hat VC zu einem Sanierungsbedarf geführt. Die Konzentrationen im Abstrom betragen zwischen 0.17 µg/l und 53 µg/l, bei einem Median von 1.5 µg/l. 2016 wurde eine Revision der AltIV angekündigt, in deren Rahmen die Anpassung des Konzentrationswertes von VC von 0.1 auf 0.5 µg/l vorgenommen werden soll. Mit dieser können voraussichtlich 8 der 22 Standorte zurückgestuft werden - 6 der Standorte auf überwachungsbedürftig und 2 auf belastet, weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig.



Anzahl Standorte: 33

Abbildung 9: Schadstoffe, die zu einem Sanierungsbedarf geführt haben

Betriebliche Prozesse

Die betrieblichen Prozesse, die zu einer möglichen Belastung mit CKW und somit zu einem Eintrag in den KbS geführt haben, sind gut bekannt. Zu zwei Drittel gehen die Belastungen auf den Prozess *Entfetten/Reinigen/Waschen* zurück (Abbildung 10). Weitere relevante Prozesse sind *malen/lackieren, mischen/lösen/chemisch synthetisieren, Grossbindelager/Umfüllstationen und Motorfahrzeuge warten/Autogarage*. Die Haupteinsatzbranchen für den Einsatz von CKW als Reinigungs- und Entfettungsmittel sowie als gut flüchtiger Lösungsmittelzusatz sind metallverarbeitenden Betriebe sowie chemische Reinigungen.

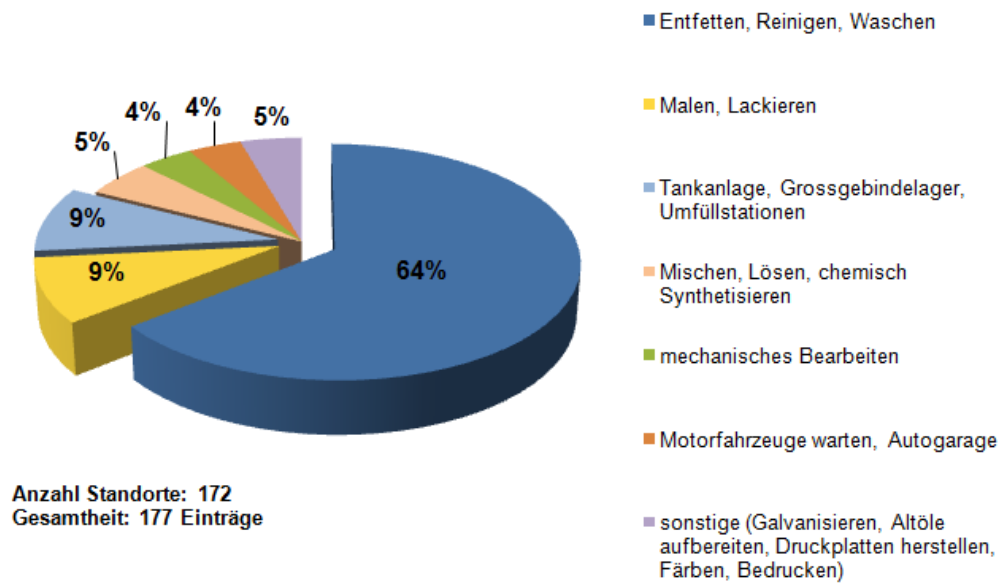


Abbildung 10: Betriebliche Prozesse, die zu einem Eintrag in den KbS geführt haben

Vier der Prozesse haben zu einem Sanierungsbedarf geführt: *Entfetten/Reinigen/Waschen*, *Umfüllstationen/Lagerung*, *Färberei* und *Altöle aufbereiten*. Häufigkeit der Sanierungsbedürftigkeit nach Prozess:

- 25 % Färberei (1 von 4 Standorten)
- 25 % Lagerung/Umfüllstationen (4 von 16 Standorten)
- 26 % Entfetten/Reinigen/Waschen (27 von 102 Standorten)
- 100 % Altöle (1 Standort)

Kosten VU

Angaben zu den Kosten waren aus den Unterlagen nicht für alle Standorte zu ermitteln. Insbesondere zu den älteren Untersuchungen liegt keine Kostenzusammenstellung vor. Für 47 Standorte wurden die Kosten zusammengetragen: über die Hälfte der Voruntersuchungen (64 %) haben zwischen Fr. 10'000 und 40'000 gekostet (Abbildung 11). An 8 Standorten betragen die Kosten weniger als Fr. 10'000.

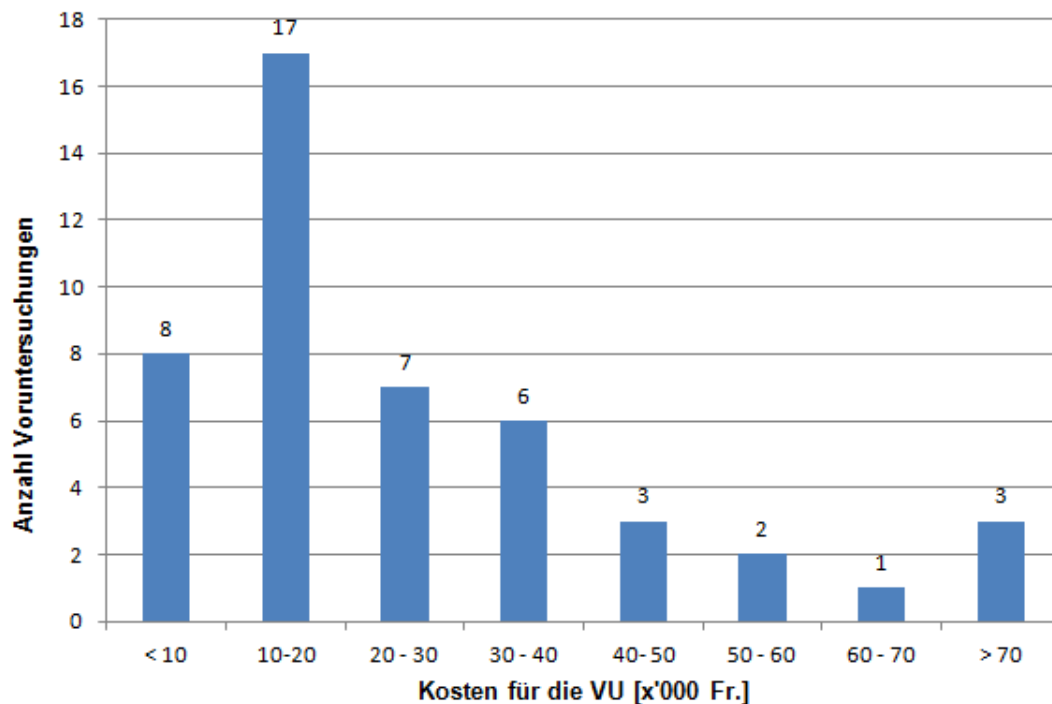


Abbildung 11: Kosten der VU (47 Standorte)

Factbox Voruntersuchungen (insgesamt 172 Standorte):

- Bei 60 % der Standorte führte Dringlichkeit zur Auslösung der VU
- Die altlastenrechtliche Beurteilung erfolgte an allen Standorten aufgrund der Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer
- Bei 77 % der Untersuchungen wurde das Grundwasser beprobt und analysiert
- An den restlichen 23 % der Standorte konnte das Grundwasser aufgrund standortspezifischer Eigenschaften nicht beprobt werden
- Nach der Voruntersuchung wurden 39 % der Standorte als sanierungs- oder überwachungsbedürftig beurteilt
- An 59 % der überwachungsbedürftigen Standorte führten die Konzentrationen an Per zu einem Überwachungsbedarf
- An einer Sanierungsbedürftigkeit ist Vinylchlorid in 67 % der Fälle (mit)verantwortlich
- Betrieblichen Prozesse, die zu einem Sanierungsbedarf geführt haben: Entfetten/Reinigen/Waschen (Branchen: Metallverarbeitung, chemischen Reinigungen), Lagerung/Umfüllstationen, Färberei und Altöle aufbereiten

3.2. Detailuntersuchungen

An 15 der 33 als sanierungsbedürftig beurteilten Standorte wurde bisher eine Detailuntersuchung (DU) durchgeführt. An den restlichen Standorten wurde die DU angefordert oder ist in Bearbeitung. Anhand der weiteren Untersuchungen und Sondierungen konnte die Standortabgrenzung präzisiert werden. Im Rahmen der DU wurden durchschnittlich mehr Sondierungen ausgeführt, als während der VU (Abbildung 12). Bei der VU wurden mit 85 % mehrheitlich bis 19 Sondierungen durchgeführt und während der DU mit 72 % mehrheitlich zwischen 10 und 29 Sondierungen. An einem Standort wurden keine weiteren Sondierungen, sondern ein Mehrphasen-Pumpversuch durchgeführt.

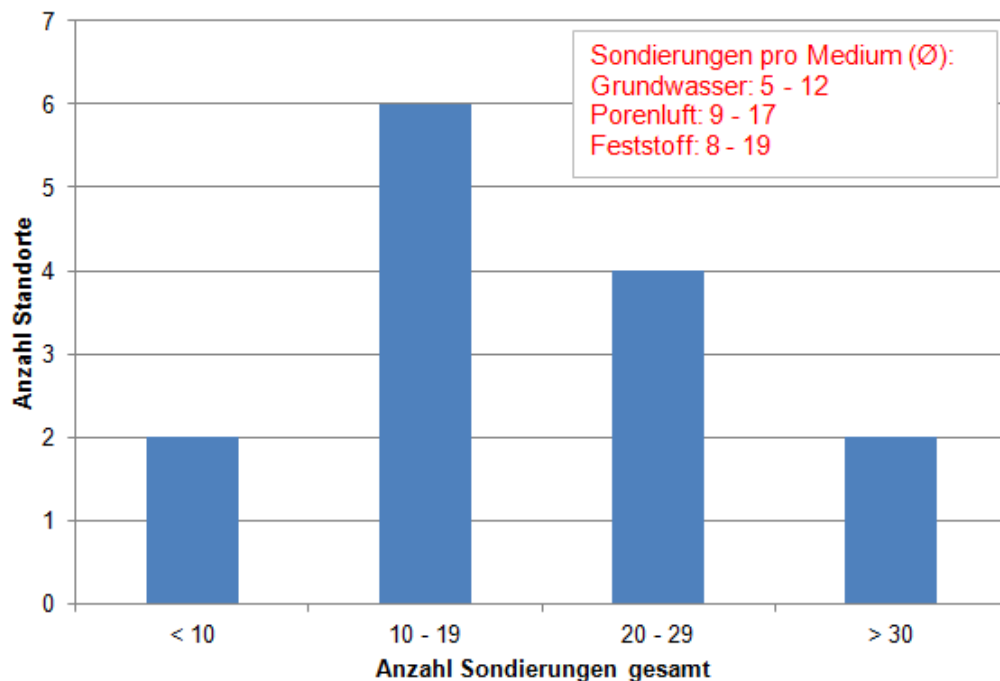


Abbildung 12: Sondierungen Detailuntersuchung (14 Untersuchungen)

Wichtigste Erkenntnisse:

- An vier Standorten wurden die höchsten Belastungen in feinkörnigen Seeablagerungen festgestellt
- An zwei weiteren Standorten reicht die Belastung bis in den Grundwasserstauer (Molasse/Moräne)
- An einigen Standorten wurden zusätzliche Herde lokalisiert
- An drei Standorten wurde Per in Phase festgestellt und an einem weiteren gab es den Verdacht auf Per in Phase

Mittels einer Gefährdungsabschätzung wurde an 9 der 15 Standorte eine mittlere bis hohe Dringlichkeit für eine Sanierung und für die restlichen 6 Standorte eine geringe Dringlichkeit abgeschätzt.

Factbox Detailuntersuchungen:

- Im Rahmen der Detailuntersuchung konnte an den meisten Standorten anhand von Porenluft- und/oder Feststoffproben eine Standortabgrenzung durchgeführt und die Belastungsherde eingegrenzt werden
- An 9 Standorten besteht eine mittlere bis hohe Dringlichkeit der Sanierung

3.3. Aktueller Stand sanierungsbedürftige Standorte

Von den 33 nach der Voruntersuchung als sanierungsbedürftig beurteilten Standorte wurde bis 2015 an 5 Standorten eine Sanierung durchgeführt und an 12 Standorten das Sanierungsprojekt (SP) genehmigt. An 8 Standorten wird aufgrund einer geringen bis mittleren Dringlichkeit momentan auf eine Sanierung verzichtet. An weiteren 5 Standorten wurde bereits das PH DU genehmigt und an 3 Standorten angefordert. Die Standorte, an denen bereits eine Sanierung durchgeführt wurde und an denen das SP genehmigt wurde, gehen in die folgenden Kapitel 3.5 *Sanierungsprojekt* und 3.6 *Sanierungen* mit ein. Zusätzlich zu diesen werden, um einen umfassenderen Überblick über die Sanierungsmassnahmen an CKW-Standorten im Kanton Zürich zu bekommen, in diesen Kapiteln auch Standorte mit aufgenommen, an denen die Voruntersuchung vor 2002 durchgeführt wurde.

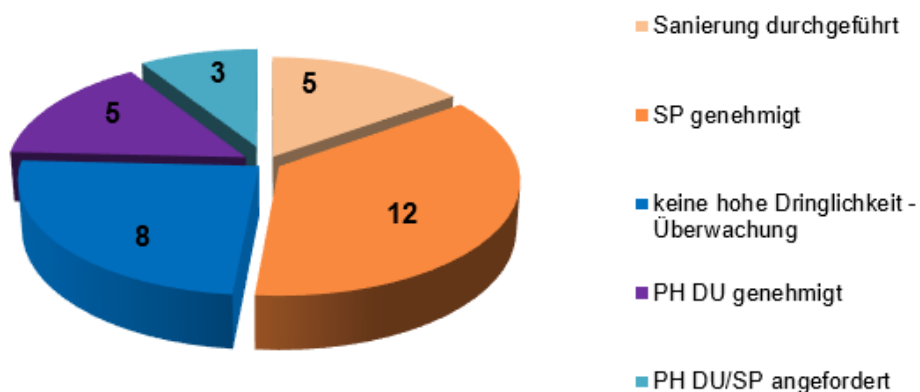


Abbildung 13: aktueller Stand (2015) der nach der VU als sanierungsbedürftig beurteilten Standorte (33)

3.4. Überwachungsmassnahmen

Sanierungsbedürftige Standorte

Von den 33 nach der VU als sanierungsbedürftig beurteilten Standorte (Abbildung 6) wurden 5 erfolgreich saniert - 3 Standorte konnten auf belastet und zwei auf überwachungsbedürftig rückgestuft werden. An 30 Standorten wird somit derzeit noch eine Überwachung durchgeführt.

Überwachungsbedürftige Standorte

Von den 34 überwachungsbedürftigen Standorten wurde an 20 Standorten eine Grundwasserüberwachung durchgeführt. An 14 der Standorte wurde, aufgrund einer vergleichsweise geringen Belastung sowie geringen Vulnerabilität, auf Überwachungsmassnahmen verzichtet (Abbildung 14).

Mit der Revision der AltIV 2012 wurden Schwellenwerte für einen Überwachungsbedarf eingeführt, nachdem zuvor alle Standorte mit einer Belastung als überwachungsbedürftig beurteilt wurden. 4 der überwachungsbedürftigen Standorte konnten mit der Revision auf belastet rückgestuft werden.

Von den 20 angeordneten Überwachungen wurden bisher 10 abgeschlossen. 5 dieser Standorte konnten nach der Überwachung auf belastet rückgestuft werden. Die restlichen 5 Standorte sind weiterhin als überwachungsbedürftig klassiert, jedoch wird an ihnen derzeitige auf Überwachungsmassnahmen verzichtet.

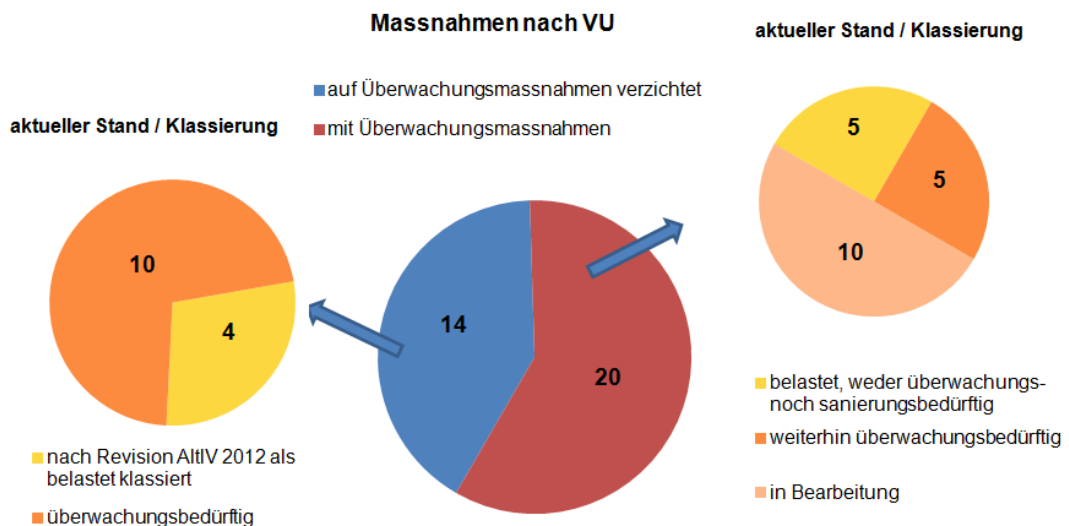


Abbildung 14: Überwachungsbedürftige Standorte, Massnahmen nach der Voruntersuchung (Anzahl Standorte: 34)

Factbox Überwachungsmassnahmen:

Sanierungsbedürftige Standorte

- An 30 der 33 sanierungsbedürftigen Standorte wird eine Überwachung durchgeführt (28 von diesen Standorten sind noch nicht saniert, 2 der Standorte sind nach der Sanierung auf überwachungsbedürftig rückgestuft wurden)
- 3 Standorte konnten nach der Sanierung auf belastet rückgestuft werden
→ Überwachung konnte eingestellt werden

Überwachungsbedürftige Standorte

- 10 Überwachungen werden derzeit durchgeführt
- 10 Überwachungen sind abgeschlossen
→ 5 der Standorte konnten auf belastet rückgestuft werden
→ 5 Standorte sind weiterhin überwachungsbedürftig, mit derzeitigem Verzicht auf Überwachungsmassnahmen
- An 14 Standorte wurde nach der Klassierung auf Überwachungsmassnahmen verzichtet

3.5. Sanierungsprojekt

Vorbemerkung für die Kapitel 3.5 und 3.6: Um einen umfassenderen Überblick über die Sanierungsmassnahmen an CKW-Standorten im Kanton Zürich zu bekommen, gehen in den folgenden Kapiteln Sanierungsprojekt und Sanierungen zusätzlich auch Standorte mit ein, an denen die Voruntersuchung vor 2002 durchgeführt wurde.

Sanierungsziel

Im Kanton Zürich wurde an 33 sanierungsbedürftigen CKW- Standorten ein Sanierungsprojekt ausgearbeitet.

Für 25 der Standorte wurde als Sanierungsziel die Beseitigung der Sanierungsbedürftigkeit durch Quellenstopp festgelegt. An weiteren 6 Standorten wurde, zusätzlich zum Sanierungsziel, von der Bauherrschaft eine Totaldekontamination angestrebt.

2 Sanierungen wurden in den 1990er Jahren geplant und durchgeführt, d.h. vor Inkrafttreten der AltIV. In einem Fall war das Ziel Summe CKW < 40 µg/l (Grenzwert Schweizerisches Lebensmittelbuch) im Abstrom des Standortes und im zweiten Fall eine Sanierung mittels Schutzpumpbetrieb bis das abgepumpte Wasser die Einleitebedingung in das Oberflächengewässer von 100 µg CKW/l gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) erfüllt.

Sanierungsmassnahmen

An 28 der 33 Standorte wurde Aushub als optimale Sanierungsvariante ermittelt, in der Hälfte der Fälle in Verbindung mit einer oder mehreren in-situ Massnahme(n) (Tabelle 1). An 5 Standorten wurde eine in-situ-Massnahme als optimale Sanierungsvariante angesehen.

Tabelle 1: Im Sanierungsprojekt per Evaluation ermittelte optimale Sanierungsmassnahme(n)

Massnahmen	Anzahl Standorte (gesamt: 33)
Aushub	14
Aushub + Bodenluftabsaugen	3
Aushub + Bodenluftabs. + Air - Sparging	1
Aushub + Sicherung	3
Aushub + KGB (koaxiale Grundwasserbelüftung)	1
Aushub + Pump & Treat	3
Aushub + thermische Behandlung	1
Aushub + Air-Sparging	1
Aushub + Bodenluftabs. + Pump & Treat + Sicherung	1
Bodenluftabsaugen	1
Bodenluftabs. + Pump & Treat	1
Schutzpumpbetrieb	1
Air-Sparging	1
Biologische Reduktion	1

3.6. Sanierungen

Sanierungsmassnahmen

Bei 14 der 33 Standorte sind die Sanierungsmassnahmen noch nicht abgeschlossen. Auf 19 Standorten erfolgten Sanierungsmassnahmen (14 erfolgreich, 5 nicht erfolgreich). 9 Massnahmen wurden im Rahmen eines Bauvorhabens und 10 ohne Bauvorhaben durchgeführt (Tabelle 2). 17 Standorte wurden mittels Aushub saniert, 9 dieser Standorte in Verbindung mit einer oder mehreren in-situ Massnahme(n). An den rest-

lichen beiden Standorten wurden in-situ-Massnahmen, einmal Bodenluft und einmal Bodenluft in Verbindung mit Pump&Treat, angewandt.

Sanierungsziel erreicht

An 14 der 19 Standorte wurden, auf denen Sanierungsmassnahme(n) durchgeführt wurde(n), wurde das Sanierungsziel erreicht. Sechs Standorte konnten auf belastet und sechs weitere auf überwachungsbedürftig rückgestuft werden. Ein Standort wurde gelöscht. An einem weiteren Standort wird momentan noch die Erfolgskontrolle durchgeführt.

Massnahmen

Die Sanierungsvariante Aushub in Verbindung mit einer oder mehreren in-situ Methoden war an 7 von 9 Standorten erfolgreich (78 %), die Variante Aushub (allein) an 6 von 8 Standorten (75 %).

Tabelle 2: durchgeführte Sanierungsmassnahmen und Erfolg der Massnahmen

Massnahmen	Im Rahmen eines Bauvorhabens			Ohne Bauvorhaben		
	Anzahl gesamt	Sanierungsziel erreicht		Anzahl gesamt	Sanierungsziel erreicht	
		ja	nein		ja	nein
Aushub	6	4	2	2	2	0
Aushub + Bodenluftabsaugen				3	2	1
Aushub + Bodenluft + Air - Sparging				1	1	0
Aushub + Pump & Treat	1	1	0	1	1	0
Aushub + KGB (koaxiale Grundwasserbelüftung)	1	1	0			
Aushub + Sicherung	1	1	0			
Aushub + Bodenluft + Pump & Treat + Sicherung				1	0	1
Bodenluftabsaugen				1	1	0
Bodenluft + Pump & Treat				1	0	1

Einige Beispiele für erfolgreiche Sanierungen

An dem **Standort 1** wurde 2003 durch Bodenluftabsaugen CKW aus dem Untergrund entfernt. Als Hauptschadstoff wurden ca. 150 kg Per entfernt. Die Grundwasserüberwachung zeigte nach der Sanierung mit 0.16 µg Per/l niedrige Werte, welche sich auch nach 4 Jahren nicht wieder erhöhten. Der Standort wurde 2008 als überwachungsbedürftig beurteilt und konnte mit der AltIV-Revision von 2012 auf belastet rückgestuft werden.

Auf dem **Standort 2** wurde von 2003 bis 2006 eine Anlage zur Bodenluftabsaugung betrieben. Über die Anlage konnten rund 8 kg Tri und 2 kg Per entfernt werden. Die Grundwasserüberwachung zeigte, dass auch Jahre nach der Sanierung im Abstrom der halbe Konzentrationswert AltIV noch unterschritten wurde. Der Standort ist seit 2008 als überwachungsbedürftig im KbS verzeichnet.

An **Standort 3** wurde, zusätzlich zum Aushub im stark mit Per verschmutzten Bereich, unter den alten Bodenplatten im April 2009 eine koaxiale Grundwasserbelüftung installiert. Nach einem 10-monatigen Betrieb, als die Messwerte im Abstrom < 1 µg Per/l anzeigten, wurde die Anlage im Juni 2010 versuchsweise abgestellt. Als danach die Konzentration wieder auf 15 µg Per/l anstieg, wurde die Anlage wieder von Oktober 2010 bis Februar 2011 durchgehend in Betrieb gehalten. Die Per-Messwerte lagen danach über einen längeren Zeitraum bei 3 µg/l und der Standort wurde 2013 auf belastet, weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig rückgestuft.

Auf dem **Standort 4** erfolgte der Aushub des belasteten Untergrundes 1998 in mehreren Etappen, da die Belastungen grösser als erwartet waren. Es wurden ca. 85 kg CKW entfernt. Die Erfolgskontrolle sechs Monate nach der Sanierung hat gezeigt, dass die CKW-Konzentration im Grundwasser von 59.6 µg/l bei der Nullprobe auf 5.2 µg/l abgenommen hat. Der Standort wurde nach Überwachung gelöscht.

An dem **Standort 5** wurde 2007 mittels Aushub das belastete Material beseitigt. Es wurden rund 14'000 t mit CKW belastetem Material abgeführt. Nach Erfolgskontrolle (Sohlenbeprobung, Grundwasserüberwachung) konnte der Standort aus der Sanierungsbedürftigkeit entlassen werden. Die restlichen Belastungen mit CKW auf dem Grundstück wurden 2009 in den KbS als belastet, weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig beigetragen.

An dem **Standort 6** wurden die Belastungen während einer Baumassnahme entdeckt. Durch einen Sanierungsbunnen, der als Sofortmassnahme installiert wurde, konnten von Februar bis April 2005 zwischen 150 bis 200 kg Per entfernt. Mittels Aushub wurden im Rahmen eines Bauvorhabens 2006 bis 2007 rund 25'000 t belastetes Material entsorgt. Insgesamt wurden ca. 5.5 – 6 t CKW vom Standort entfernt. Nach einer Grundwasserüberwachung konnte der Standort 2014 auf belastet rückgestuft werden.

Sanierungsziel nicht erreicht

An 5 der 19 Standorte, auf denen Sanierungsmassnahmen durchgeführt wurden, wurde das Sanierungsziel nicht erreicht. An 4 der 5 Standorte wurde Aushub, dreimal in Verbindung einer weiteren in-situ Massnahme, angewandt (Tabelle 2). An dem anderen Standort kam eine Kombination der in-situ Massnahmen Bodenluftabsaugen und Pump & Treat zum Einsatz.

Kurzbeschreibung der Massnahmen an den Standorten, an denen das Sanierungsziel nicht erreicht wurde

An **Standort 7** wurde 1996 eine Kombination von Bodenluftabsaugung und Aushub angewandt. Es wurden ca. 13 t mit CKW belastetem Material aus den Seeablagerungen entfernt. Die Belastung wurde damals nicht bis unter den Grundwasserspiegel ausgehoben und im Bereich der ehemaligen Metallentfettung wurde keine Sohlenbe-
probung als Erfolgskontrolle durchgeführt. Lage und Ausmass der Restbelastung sind nicht bekannt. 2008 wurde eine Gefährdungsabschätzung durchgeführt und eine Zeitspanne bis zur Reduktion des Schadstoffgehaltes unter den halben K-Wert AltIV von 15 bis 20 Jahren abgeschätzt. Momentan wird der Standort langzeitüberwacht.

An **Standort 8** wurden bereits mehrere Sanierungsetappen durchgeführt. 1992 wurde ein Teil der Schadstoffe (ca. 4.5 kg CKW) durch Bodenluft abgesaugt. 1993 bis 1995 erfolgte dann Aushub in mehreren Etappen. Dabei wurden jedoch die tiefer liegenden Belastungen in den feinkörnigen Sedimenten nicht entfernt. 1999 wurde die Fläche durch Versiegelung gesichert. Von 1991 bis 2003 wurde zusätzlich das belastete Wasser mittels Pump & Treat gereinigt und dabei ca. 34.5 kg CKW entfernt. Trotz der umfangreichen Massnahmen konnte die Sanierungsbedürftigkeit des Standortes nicht beseitigt werden. Momentan wird auch dieser Standort überwacht.

An **Standort 9** wurden die Belastungen von 2000 bis 2004 im Rahmen einer grossflächigen Überbauung durch Aushub entfernt. Insgesamt wurden mit ca. 200 kg Per mehr als 99.5 % der vermuteten Per-Menge vom Grundstück entfernt. Nach einem anfänglichen Rückgang der Konzentrationen nach der Sanierung wurden im Zeitraum Mitte 2006 bis Mitte 2009 im weiteren Abstrom wiederum deutlich höhere Per-Konzentrationen festgestellt. Offensichtlich bestehen im Abstrom des Areals noch weitere Per-Depots. Der Standort befindet sich inmitten einer Stadt. Daher wäre es nur unter hohem logistischem und finanziellem Aufwand möglich, die Belastungen vollständig zu beseitigen. Momentan wird der Standort überwacht.

An **Standort 10** wurden die Belastungen im Rahmen eines Bauvorhabens im Jahr 2010 entfernt. Auch an diesem Standort blieben Belastungen im gesättigten Bereich zurück. Der Standort wird momentan überwacht und weitere Massnahmen zur Beseitigung der Belastung werden in einem kommenden Bauvorhaben durchgeführt.

An **Standort 11** wurde mit einer Kombination der in-situ-Massnahmen Bodenluftabsaugung und Pump&Treat saniert. Die Sanierung wurde von 1997 bis 2001 durchgeführt und 2001 im Rahmen der Planung eines kommenden Bauvorhabens abgeschaltet, bevor das Sanierungsziel erreicht wurde. Das Bauvorhaben wurde dann nicht umgesetzt. Momentan wird der Standort überwacht und abgeklärt, ob eine MNA an dem Standort zielführend wäre oder zusätzlich weitere Massnahmen nötig sind.

Sanierungsunterbruch

An den Standorten, an denen das Sanierungsziel nicht erreicht wurde, wurde ein Sanierungsunterbruch durchgeführt. Die Standorte werden momentan überwacht. An einem der Standorte wird es eine weitere Sanierungsetappe mit einem geplanten Bauvorhaben geben. An einem weiteren Standort wird anhand der Ergebnisse der derzeit durchgeführten Überwachung entschieden, ob eine zweite Sanierungsmassnahme durchgeführt wird.

Kosten

Im Rahmen von ChloroNet wurde 2014 eine Kostenumfrage zu den Sanierungen schweizweit durchgeführt. Die Auswertung wurde an der ChloroNet-Fachtagung 2014 präsentiert. Für drei der Standort der vorliegenden Auswertung wurden Kosten zusammen getragen. Auf dem **Standort 5** wurde mittels Aushub ca. 14 kg CKW beseitigt. Die Kosten betragen ca. 2 Mio. Franken. Die Sanierung auf **Standort 6** fand von 2006 bis 2007 statt. Es wurden ca. 5 t CKW entfernt. Die Kosten betragen ca. 5 Mio. Franken. Für die Sanierung auf dem **Standort 10** wurde 2010 mittels Aushub 1.3 kg CKW entfernt. Die Teilsanierung des Standortes hat 300'000 Franken gekostet.

Factbox Sanierungsprojekt / Sanierungen (insgesamt 33 Standorte):

- An 85 % der Standorte wurde im Sanierungsprojekt als optimale Sanierungsvariante Aushub vorgeschlagen
- 75 % der durchgeführten Sanierungsmassnahmen waren erfolgreich
→ 6 der Standorte konnten auf belastet und 6 auf überwachungsbedürftig rückgestuft werden; ein Standort wurde gelöscht; ein Standort befindet sich noch in der Erfolgskontrolle
- Erfolg Aushub in Verbindung mit einer in-situ Methode: 78 % (7 von 9 Sanierungen)
- Erfolg Aushub allein: 75 % (6 von 8 Sanierungen)

3.7. Dekontamination im Rahmen eines Bauvorhabens

Zusätzlich zu den Sanierungen wurden im Kanton Zürich im Zeitraum von 2002 bis 2015 neun Dekontaminationen im Rahmen eines Bauvorhabens durchgeführt. Die Dekontaminationsziele wurden an allen Standorten erreicht.

An sechs Standorten wurden die Belastungen während der Baugrunduntersuchung festgestellt und abgeklärt. Es wurden keine altlastenrechtlichen Untersuchungen (VU, DU) durchgeführt und auch kein Sanierungsprojekt erarbeitet. Nach den Bauarbeiten wurden vier der Standorte gelöscht und zwei weitere Standorte als überwachungsbedürftig im KbS eingetragen.

Drei der Standorte wurden nach einer Voruntersuchung als überwachungsbedürftig beurteilt. Ein Standort konnte nach der Baumassnahme auf belastet rückgestuft werden und zwei der Standorte sind weiterhin als überwachungsbedürftig im KbS eingetragen.

4. Fazit

Das Ziel der Auswertung war, einen Überblick über die im Kanton Zürich bei CKW-Standorten durchgeführten altlastenrechtlichen Untersuchungen und Sanierungen zu erhalten. Damit sollen Erkenntnisse für den Umgang mit untersuchungsbedürftigen Standorten gewonnen werden. 39 % der Standorte, an denen eine Voruntersuchung hinsichtlich CKW stattgefunden hat, wurden als überwachungs- oder sanierungsbedürftig beurteilt. Somit waren an über einem Drittel der Standorte Schutzgüter gefährdet. Um einen möglichen Schaden von der Umwelt abzuwenden, ist es deshalb wichtig, die untersuchungsbedürftigen Standorte aktiv anzugehen. Insbesondere dem Grundwasser kommt als relevantes Schutzgut eine besondere Bedeutung zu.

Der betriebliche Prozess des *Entfetten/Reinigen/Waschen* (Haupteinsatzbranchen: chemischen Reinigung, Metallverarbeitung) hat in 26 % der Fälle zu einem Sanierungsbedarf geführt, gefolgt von den Prozessen *Lagerung/Umfüllstationen* sowie *Färberei* mit jeweils 25 %. Insbesondere beim Prozess Lagerung/Umschlag lagen die Belastungen häufig in grösseren Mengen vor als erwartet. Diesem Prozess sollte in künftigen Untersuchungen, auch wenn der Standort nicht als Lagerungs- und Umschlagplatz eingetragen ist, an allen Standorten Beachtung geschenkt werden.

In 75 % der Fälle haben die durchgeführten Sanierungsmassnahmen zum Erfolg geführt. Aushub war die am häufigsten vorgeschlagene und durchgeführte Sanierungsvariante. Die Sanierungsvariante Aushub in Kombination mit einer in-situ Massnahme war in 78 % erfolgreich (durchgeführt an 9 Standorten) und die Variante Aushub allein in 75 % (durchgeführt an 8 Standorten). An einigen Standorten mussten mehrere Massnahmen in Folge angewendet werden, dass die Sanierung erfolgreich abgeschlossen werden konnte. An den Standorten, an denen das Sanierungsziel, teilweise auch nach mehreren Massnahmen, nicht erreicht werden konnte, ist die Ursache der

weiter bestehenden Sanierungsbedürftigkeit in den verbliebenen Restbelastungen zu finden.

5. Ausblick

Untersuchungsbedürftige Standorte

Die Voruntersuchungen an den prioritär untersuchungsbedürftigen Standorten wurden bis 2014 ausgelöst. In einem nächsten Schritt werden in den kommenden Jahren die Voruntersuchungen auf den restlichen untersuchungsbedürftigen Standorten angegangen. Wie Abbildung 1 zeigt sind dies noch ca. 400 Standorte. Auf ca. 130 dieser Standorte ist bereits eine Voruntersuchung in Arbeit. Im April 2016 wurden die Voruntersuchungen an den rund 100 untersuchungsbedürftigen Standorten mit dem Prozess *Entfetten / Reinigen / Waschen* (nach den Branchen Metallbearbeitung und chemische Reinigung) ausgelöst. Die restlichen Standorte (rund 175) werden voraussichtlich 2018 angegangen.