

Grundwasser - Atlanten aktuell

Schriftenreihe, Heft 28/2010



Grundwasser - Altlasten aktuell

1	Elektrochemische, korrosionschemische und oberflächenanalytische Untersuchungen zur Entwicklung einer schnellen Methode zur Bewertung von Eisenchargen für den Einsatz zur LCKW-Dechlorierung in Reinigungswänden	5
1.1	Einleitung.....	5
1.2	Zielstellung und Aufgabenschwerpunkte.....	6
1.3	Ergebnisse.....	6
1.4	Fazit.....	14
1.5	Literatur.....	14
2	Untersuchung des Gefährdungspotenzials von alten Gärtnereien	15
2.1	Standort Leipzig.....	16
2.2	Standort Dresden.....	18
2.3	Standort im Erzgebirgskreis.....	19
3	Geochemische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1 : 400.000 (GcBÜK 400)	21
4	Datierung junger Grundwässer mit Hilfe von Umwelttracern	23
4.1	Einführung.....	23
4.2	Grundwasserdatierung mit Hilfe von Umwelttracern.....	24
4.3	Literatur.....	30
5	Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettenige Alkylphenole – Modul 1	31
5.1	Kurzfassung.....	31
5.2	Zusammenfassende Monitoring- und Analyseempfehlungen und Ausblick.....	32
6	Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Sachsen in von Punktquellen beeinflussten Grundwasserkörpern	35
6.1	Einleitung.....	35
6.2	Grundwasserkörper im schlechten Zustand auf Grund von Punktquellen.....	36
6.3	Umsetzung der WRRL-Maßnahme 21: Reduzierung punktueller Stoffeinträge aus Altlasten ins Grundwasser.....	39
6.4	Selektion WRRL-relevanter Altlasten und altlast- verdächtiger Flächen (PQ).....	40
6.5	Datenerfassung zu den WRRL-relevanten Punktquellen.....	41
6.6	Ausblick.....	42
6.7	Literatur.....	43
7	Statistische Auswertung SALKA-Zahlen 2010	44
7.1	Erfassung.....	44
7.2	Bearbeitungsstand und Handlungsbedarf.....	45
7.3	Kategorisierung entsprechend dem Bearbeitungsfortschritt.....	46

8	Funktionsprüfung und Untersuchung von Grundwassermessstellen für die Verdichtung der operativen Messnetze zur Überwachung der Schwermetallbelastung gemäß WRRL	48
8.1	Einleitung	48
8.2	Durchgeführte Arbeiten an ausgewählten Grundwasseraufschlüssen.....	48
8.3	Eignungsbewertung der untersuchten Grundwasseraufschlüsse	49
8.4	Bewertung der diffusen Schwermetallbelastung des Grundwassers bezogen auf die untersuchten Grundwasserkörper	49
8.5	Zusammenfassung	52
8.6	Literatur.....	53
9	SHARP	54
9.1	SHARP - INTERREG IV C Projekt der Europäischen Union	54
9.2	Projektpartner	54
9.3	Inhalte	55
9.4	Vorgehensweise	56

1 Elektrochemische, korrosionschemische und oberflächenanalytische Untersuchungen zur Entwicklung einer schnellen Methode zur Bewertung von Eisenchargen für den Einsatz zur LCKW-Dechlorierung in Reinigungswänden

Hans-Jürgen Friedrich, Wolfgang Hoffmann - Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.

Dr. Volker Birke - Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften Braunschweig-Wolfenbüttel, Campus Suderburg

1.1 Einleitung

Das Vorhaben, über dessen vorläufige Ergebnisse im Folgenden berichtet werden soll, ist Teilprojekt eines Kleinverbundes mit der Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften Braunschweig-Wolfenbüttel, Fakultät Bau-Wasser-Boden innerhalb des Projektverbundes RUBIN II (**R**einigungswände und **-**barrieren im **N**etzwerkverbund), der vom BMBF 2006 gestartet wurde. Arbeitsthema des Kleinverbundes ist die Entwicklung einer schnellen Methode zur Beurteilung der Eignung technischer Eisensorten für den Einsatz in Reinigungswänden und ihre experimentelle Verifizierung in Langzeit-Säulenversuchen. Letztere Teilaufgabe wurde durch den Verbundpartner wahrgenommen. Das Vorhaben wurde vom Bundesministeriums für Bildung und Forschung über seinen Projektträger Wassertechnologie und Entsorgung unter dem Förderkennzeichen 02WR0829 gefördert.

Durchströmte Reinigungswände zur passiven In-situ-Sanierung von Grundwasserschäden fanden Anfang der 1990er-Jahre erstmals in den USA Eingang in die Sanierungspraxis. Die ersten Reinigungswände in Deutschland wurden 1998 in Tübingen (full scale) sowie in Rheine und in Edenkoben (Pilotprojekte) realisiert. Die Gesamtzahl der Anwendungen belief sich im Jahr 2006 weltweit auf ca. 100, davon ca. 70 in den USA und ca. 25 in Europa. Hinzu kommen Einzelprojekte in Australien und Japan. Anwendungsschwerpunkt ist dabei die Sanierung von LHKW-Kontaminationen, von denen es allein in Deutschland geschätzte 70.000 gibt.

Auch zwei der in Deutschland realisierten Reinigungswände mit technischem Eisen als Reduktionsmittel (Rheine und Tübingen) zeigten während des Betriebs teils erhebliche Schwankungen in der Abbauleistung, für die neben hydraulischen Ursachen auch materialseitige Faktoren diskutiert wurden [1/ 2/ 4]. Da in der reaktiven Wand in Rheine unterschiedliche technische Eisensorten, Response® und sogenanntes Gotthard-Maier-Eisen in Form von Granalien bzw. von Splintern zum Einsatz kamen und diese in unterschiedlicher Weise reagierten, lag die Vermutung nahe, dass Werkstoffeigenschaften maßgeblich für die Unterschiede in der Abbauleistung verantwortlich sein könnten. Eine kritische Auswertung der wissenschaftlichen Literatur zu dieser Thematik zeigte, dass es zu elektro- bzw. korrosionschemischen und werkstoffkundlichen Aspekten der Auswahl von Aktivmassen einen insgesamt unbefriedigenden Kenntnisstand gibt. Symptomatisch für diese Situation ist unter anderem die überwiegende Verwendung der Begriffe „nullwertiges Eisen“ oder „zero valent iron“ für die verwendeten oder untersuchten technischen Eisensorten. Wie später noch gezeigt wird, ist „nullwertiges“, also chemisch reines Eisen, als Aktivmasse für die reduktive In-situ-Umsetzung halogenierter Kohlenwasserstoffe wenig geeignet. Eisen dient bei der In-situ-Reduktion chlorierter Kohlenwasserstoffe zwar als Reduktionsmittel und wird im Zuge der Reduktionsreaktion selbst zu Fe^{2+} oxidiert, für die Reduktion der halogenierten Verbindungen werden jedoch spezielle reaktive Zentren benötigt, die im Allgemeinen in Form von Verunreinigungen in technischen Eisenwerkstoffen vorliegen. Es handelt sich dabei um Verbindungen des Eisens mit nichtmetallischen Legierungselementen wie C, Si, N, P, S oder um die analogen Verbindungen klassischer metallischer Legierungszuschläge, wie Mn, Ni, Cr, Ti, Co mit diesen vorgenannten Nichtmetallen. Die Verbindungen sind dann entsprechend als Carbide, Silicide, Nitride, Phosphide oder Sulfide anzusprechen. Solche Verbindungen sind häufig elektrochemisch edler als die umgebende Eisenmatrix und können mit dieser sogenannte Lokalelemente bilden. In diesen Lokalelementen stellt das

Eisen die Anode dar, da es selbst oxidiert wird, während an den segregierten Einschlüssen der Nichtmetallverbindungen die eigentliche Reduktion halogener Verbindungen abläuft. C kann in Form von Graphit ebenfalls im Legierungsgefüge vorliegen und bildet so gleichfalls die Kathodenbereiche der Lokalelemente. Beachtlich ist auch die sich daraus ergebende adsorptive Kapazität. Ein Kohlenstoffgehalt von 2 - 3 %, wie in einigen technischen Eisensorten durchaus anzutreffen, entspricht einem Massenanteil von immerhin 20 - 30 g C/kg technisches Eisen in sehr fein verteilter Form und zudem mit ähnlich großer Oberfläche wie Aktivkohlen. Dieser wird im Verlauf des Korrosionsprozesses am Eisenwerkstoff schrittweise freigelegt. Ausscheidungen (Segregationen) von Metall-Nichtmetallphasen finden bevorzugt entlang von Kristallgrenzen statt. Solche Bereiche stellen Zonen mit erhöhtem chemischem Potenzial dar, die letztlich auch Ausgangspunkt für Korrosionserscheinungen sind.

1.2 Zielstellung und Aufgabenschwerpunkte

Da es bislang an einer geeigneten Methodik für die Auswahl und die Spezifikation von technischen Eisensorten für den Einsatz in reaktiven Wänden zur Sanierung von LHKW-Schäden mangelte, sollte mit den Entwicklungsarbeiten ein wesentlicher Beitrag zur dauerhaften Verbesserung der materialeitigen Prozessstabilität geleistet werden. Ein wesentlicher Aspekt bestand dabei darin eine Auswahlmethode anzugeben, die es erlaubt, innerhalb relativ kurzer Zeiträume und möglichst auf der Grundlage einer überschaubaren Anzahl von Materialparametern eine für praktische Zwecke hinreichend genaue Aussage zur Eignung eines gegebenen technischen Eisenwerkstoffs zu treffen.

Im Rahmen der Entwicklung der Schnellmethode zur Bewertung von Eisenchargen wurden folgende Arbeitsschwerpunkte bearbeitet:

1. Koordinierung des Gesamtverbundes RUBIN II (Ostfalia)
2. Bewertung der Herstellungsprozesse für technische Eisensorten (Ostfalia)
3. Langzeitsäulenversuche zum Perchlorethen-(PCE)-Abbau an diversen Chargen technischer Eisensorten und zur Ergebnisvalidierung (Ostfalia)
4. Isolierung und stoffliche Charakterisierung von Adsorbaten an technischem Eisen (Ostfalia)
5. Elektrochemische, chemische und oberflächenanalytische Untersuchungen an technischen Eisensorten zur Aufklärung von Ursache-Wirkungsbeziehungen (VKTA)
6. Untersuchungen an künstlichen Lokalelementen zur Identifikation wirksamer Legierungsbestandteile (VKTA)
7. Verifizierung der Ergebnisse, Formulierung der Methode (VKTA und Ostfalia)

Weiterhin waren von VKTA Säulenversuche mit C-14-markiertem PCE durchzuführen, um die Affinität verschiedener technischer Eisensorten für die Bildung von Adsorbaten vergleichend zu bewerten. Bereits im Rahmen von RUBIN I war im Ergebnis von Untersuchungen des umwelttechnischen Labors vorm. Dr. Wienberg, Hamburg, im Zuge von Radiotraceruntersuchungen mit C-14-markiertem PCE aufgezeigt worden, dass bei der Umsetzung von PCE an Response® ein erheblicher Anteil der Traceraktivität relativ stabil gebunden auf dem technischen Eisen verbleibt /5/. Da dieser Befund für die Sanierungspraxis von erheblicher Bedeutung ist, waren auch Untersuchungen zur Bilanzierung des PCE-(C-14)-Umsatzes an mehreren technischen Eisensorten Bestandteil des VKTA-Untersuchungsprogramms.

Weil die Punkte (1) bis (4) der Aufgabenstellung durch den Projektpartner bearbeitet wurden, soll im Folgenden nur auf die wesentlichen Ergebnisse jener Teilaspekte eingegangen werden, die von VKTA bearbeitet wurden.

1.3 Ergebnisse

Elektrochemische, chemische und oberflächenanalytische Untersuchungen

An unterschiedlichen Produktionschargen der technischen Eisensorten Response® (Mital Steel Hamburg), sog. Gotthard-Maier-Eisen (Gotthard Maier Eisenpulver GmbH Rheinfelden), sog. Würth-Eisen (Eisenwerke Würth GmbH Bad Friedrichshall), sowie an Peerless- und Conelly-Iron (USA) wurden zunächst chemische und oberflächenanalytische sowie elektrochemische

Untersuchungen durchgeführt. Die chemische Analytik erfolgte nach Königswasseraufschluss von jeweils vier bis sechs Teilmengen einer Liefercharge und nachfolgender Elementanalytik mittels ICP-OES (Inductively Coupled Plasma with Optical Emission Spectroscopy). Die Oberflächenanalytik wurde mittels EDX (Energy Dispersive x-ray Spectroscopy) durchgeführt. Für die elektrochemische Analytik kam die cyclische Voltammetrie zum Einsatz. Dabei wird mittels einer so genannten Dreielektrodenanordnung, bestehend aus Arbeits-, Bezugs- und Gegenelektrode, untergebracht in einer thermostatisierbaren Messzelle unter Inertgasatmosphäre der interessierende Potenzialbereich gescannt. Aus dem resultierenden Stromsignal erhält man wichtige Informationen über Potenziallage und Reaktionsgeschwindigkeit der an der Arbeitselektrode ablaufenden Reaktionen. Eine sehr wichtige Voraussetzung für die Vergleichbarkeit elektrochemischer Untersuchungen ist dabei die Normierung auf die eingesetzte Oberfläche, da es sich bei elektrochemischen Reaktionen (auch Korrosionsreaktionen) um Oberflächenreaktionen handelt. Dementsprechend wurden die Proben hergestellt und vor ihrem Einsatz vermessen.

In den Abbildungen 1 und 2 sind Ergebnisse der chemischen Analytik für eine Reihe der untersuchten Werkstoffsorten zusammengestellt.

Die dominierenden Legierungsmetalle in den technischen Eisensorten sind erwartungsgemäß Fe und Mn mit Massenanteilen zwischen 75 (Conelly-Eisen) und ca. 95 % (Response®) für Eisen und bis zu 0,6 % für Mn. In vergleichbarer Konzentration ist Si in den Legierungen enthalten (bis 0,8 % für Peerless-Iron). Von den weiteren technisch wichtigen Legierungselementen waren in der Mehrzahl der untersuchten Chargen nur Cr und Cu in Anteilen >0,2 % nachweisbar. Die Gehalte für weitere Legierungselemente wie Ni, V, Mo, W lagen deutlich darunter. In Response waren zusätzlich höhere Gehalte von Bestandteilen der sog. Gangart (Al, Mg, Ca) nachweisbar, hingegen traten die Legierungsbildner nur in Spurenkonzentrationen auf.

Der deutlichste Unterschied zwischen den untersuchten deutschen und den US-amerikanischen Eisensorten besteht in dem um ca. 20 % höheren Eisengehalt der deutschen Sorten. Innerhalb der untersuchten Chargen traten ebenfalls teils erhebliche Unterschiede auf.

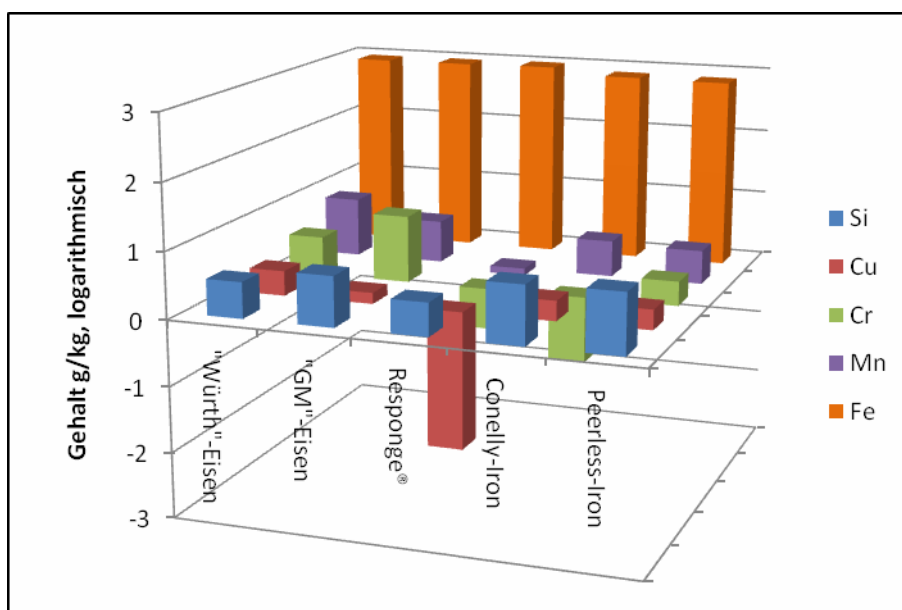


Abbildung 1: Durchschnittliche Gehalte von Legierungselementen in technischen Eisensorten (logarithmische Darstellung)

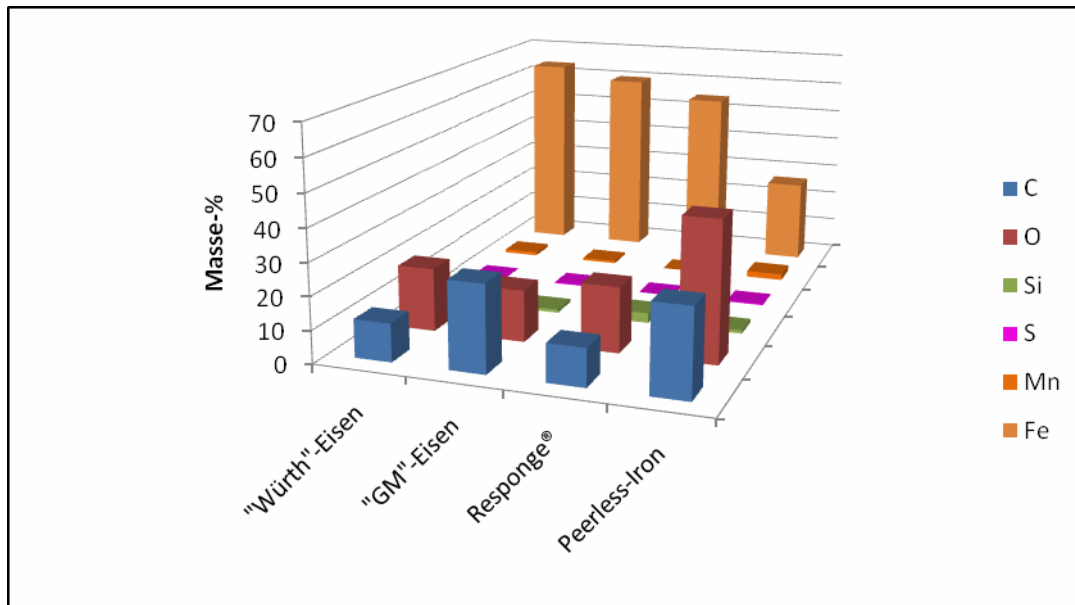


Abbildung 2: Durchschnittliche Oberflächenkonzentration von Legierungselementen in technischen Eisensorten (Masse-%)

Unter reaktionstechnischen Gesichtspunkten ist auch die deutlich kleinere Korngröße der ausländischen Eisensorten bemerkenswert. Conolly-Eisen ist dabei als Pulver anzusprechen.

Analysen mittels EDX wurden meist an je ca. 10 - 20 Proben je Materialart und Charge durchgeführt. Dabei werden auf der Oberfläche einer Granalie jeweils mehrere ca. 50 x 50 μm^2 große Flächenelemente untersucht und die Elementgehalte über das Flächen-(Volumen)-element gemittelt. Die Auswahl der untersuchten Flächenelemente erfolgte nach morphologischen Gesichtspunkten (Elemente mit einheitlicher Textur oder ggf. besonders auffällige Bereiche).

Die EDX-Analysen zeigten eindrucksvoll, dass an der Materialoberfläche durchaus eine andere Materialzusammensetzung auftreten kann als in der Volumenphase.

An der Probenoberfläche fanden sich bei allen untersuchten Proben hohe Gehalte von Sauerstoff, zumeist im Bereich von 15 -20 Masse%. Der mit weitem Abstand höchste Wert wurde bei Peerless-Eisen mit 43 % gefunden. Die Proben sind demnach oberflächlich weitgehend oxidiert (32,6 % Massenanteil für O würden z. B. der chem. Zusammensetzung Fe_2O_3 [rein] entsprechen). Fe liegt somit in der Grenzfläche überwiegend chemisch gebunden in zwei- und/oder dreiwertiger Form vor.

Die erhöhten Gehalte für Sauerstoff korrespondieren mit Eisengehalten von max. 60 – 65 % (Mittelwerte) in der Oberflächenschicht des Rohmaterials. Deutlich niedrigere Fe-Gehalte wurden mit 38 % in Peerless-Eisen festgestellt. Neben Fe und O wurde in den untersuchten Probenoberflächen auch jeweils in bedeutender Menge Kohlenstoff nachgewiesen, wobei die Anteile zwischen durchschnittlich ca. 12 (Hartgussstrahlmittel, Response) und ca. 26 % („GM“-eisen, Peerless-Iron) lagen. Die Si-Gehalte lagen bei allen Proben zwischen ca. 1 und ca. 4 %. Sie liegen damit in vergleichbarer Größenordnung wie bei der chemischen Analytik, was auf eine homogene Verteilung im Material hindeutet.

Bei Response konnten mit Ausnahme des Mn keine weiteren Legierungsbildner in der Probenoberfläche nachgewiesen werden. Schwefel, dessen Anwesenheit für die Bildung katalytisch wirkender Lokalkathoden wichtig ist, konnte außer bei Response® an der Oberfläche in Konzentrationen zwischen 0,1 und 0,3 % nachgewiesen werden. Es ist damit absehbar, dass bei Response im Vergleich zu den übrigen untersuchten technischen Eisensorten in weitaus geringerem Umfang mit dem Auftreten geeigneter Lokalelemente für eine reduktive Dehalogenierung gerechnet werden muss.

Eine Besonderheit bei Response ist die relativ hohe Porosität der Granalien. Messungen mittels Hg-Porosimetrie ergaben Werte von 40 – 60 % bei einer spezifischen Oberfläche von ca. 0,4 - 0,7 m^2/g . „GM“- und Würth-Eisen erwiesen sich als nicht porös.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen eines Segmentes einer Response-Granalie mit deutlich erkennbaren Rissstrukturen.

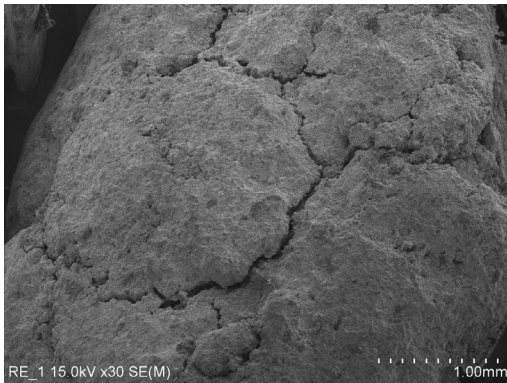


Abbildung 3: Response-Granulie V=30x

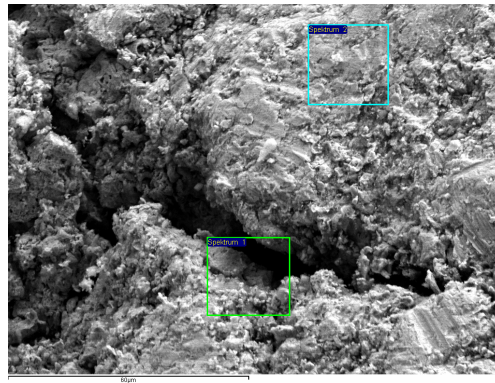


Abbildung 4: Response-Granulie V=350x

Die Ergebnisse einer vergleichenden elektrochemischen Untersuchung mehrerer Eisensorten mittels cyclischer Voltammetrie sind in Abbildung 5 dargestellt. Die Messungen wurden in neutraler 1 M NaClO₄-Lösung, in synthetischem Grundwasser Typ „Rheine“ (pH = 6,2) oder in Acetonitril bei einer Messtemperatur von 283 K und einer Scangeschwindigkeit von 20 mV/s mit einem Potentiostaten vom Typ EG&G/PAR 263B9 durchgeführt. Als Bezugs Elektrode diente jeweils eine gesättigte Kalomelektrode (gKE/SCE).

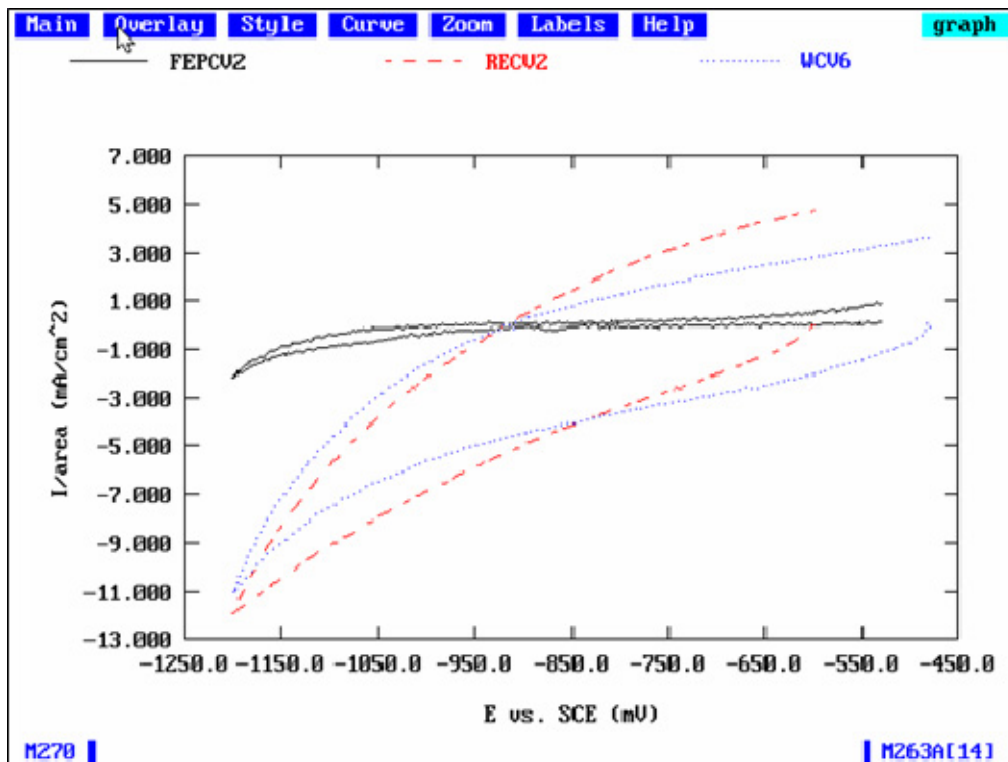


Abbildung 5: Cyclovoltammogramme (CV) von Reineisen (FEPCV2), Response (RECV2) und von Würth-Eisen (WCV6) in 1 M NaClO₄, PCE-Konzentration 50 mg/l

Aus den CV's kann entnommen werden, dass bis zu Potentialen von ca. -850 mV gKE an allen drei untersuchten Werkstoffen keine Reduktion von PCE erkennbar ist. Die höheren Grundströme an Würth-Eisen und Response sind in erster Linie auf Rauigkeitseffekte der Oberfläche zurückzuführen. Die Reaktion verläuft demnach kinetisch stark gehemmt. Erst bei Potentialen <-1000 mV gKE kommt es zu einem Ansteigen der kathodischen Stromdichte, was aber primär aus dem Einsetzen der

kathodischen Reduktion von Wasser (Standardredoxpotenzial [bei pH=14] -823 mV) resultiert. Eine Reduktion von PCE ist in wässriger Lösung weder bei den technischen Eisensorten noch bei Reineisen direkt erkennbar.

Sofern diese Reduktion erkannt werden soll, muss deshalb der Einfluss des protischen Lösungsmittels zurückgedrängt werden. Deshalb wurden auch Messungen in Acetonitril mit Tertiärbutylammonium-Tetrafluoroborat als inertem Leitelektrolyten in Acetonitril/ PCE- Gemischen durchgeführt. Abbildung 6 zeigt die CV in Acetonitril an einer Platin-Arbeits Elektrode, wobei die PCE-Konzentration 100 mg/l betragen hat. Deutlich zu erkennen ist das Auftreten einer Reduktionsstufe bei ca. -1.220 mV gKE sowie einer zweiten bei ca. -2.000 mV gKE. PCE ist mithin elektrochemisch reduzierbar, wenn auch erst bei hohen Überspannungen. Allerdings können die Potentialwerte nicht ohne weiteres von aprotischen Lösungsmitteln auf wässrige Systeme übertragen werden.

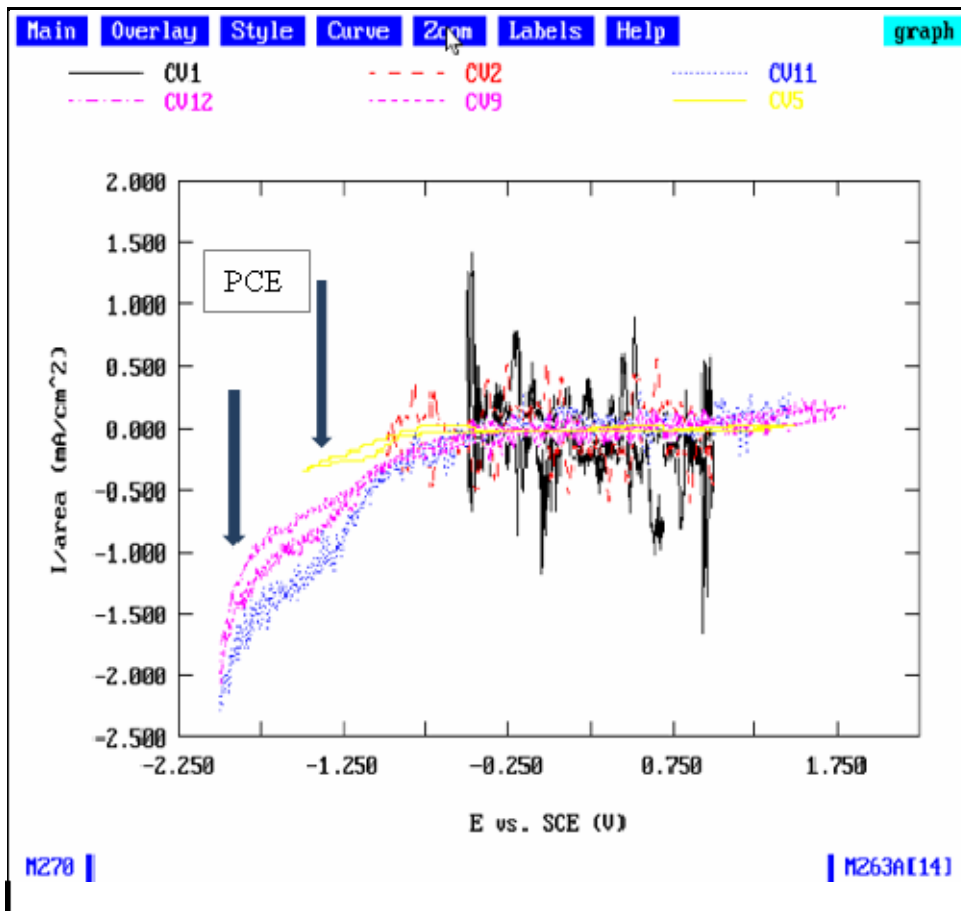


Abbildung 6: Reduktion von PCE in Acetonitril an Pt bei 10°C, 20 mV/s

Untersuchungen an künstlichen Lokalelementen sowie an technischen Eisensorten zur Ermittlung der katalytisch aktiven Komponenten

Als Fazit aus diesen Voruntersuchungen lässt sich feststellen, dass die elektrochemische Reduktion von PCE im Zuge der Korrosionsreaktionen an technischen Eisenoberflächen der Anwesenheit wirksamer Katalysatoren in den lokalen Korrosionselementen bedarf. Dies ist bei chemisch reinem Eisen nicht in ausreichender Weise gegeben. Auch für Response ist dies aufgrund der ermittelten chemischen Zusammensetzung nur in geringerem Umfang zu erwarten. Zudem erweist sich das zunächst angewandte elektrochemische Analysenverfahren als zu wenig sensitiv zur Lösung der gestellten Aufgabe. Ebenso lässt die chemische Analytik allein keine ausreichenden Schlüsse auf die zu erwartende Aktivität des Reduktionsmittels bei der PCE-Umsetzung zu.

Deshalb wurde die Untersuchungsmethodik auf statische Elektrolyseversuche mit definierten Lokalelementen umgestellt. Auch diese Versuche wurden jeweils in thermostatisierbaren Messzellen bei 10 °C durchgeführt. Die Elektrodenräume von Arbeits-(technisches Eisen)-Gegenelektrode waren durch ein Diaphragma voneinander getrennt. Als Elektrolyt diente synthetisches Grundwasser Typ „Rheine“. Die Versuchsanordnung ist in Abbildung 7 dargestellt, eine dieser Verbundelektroden, gefertigt aus Responge-Granalien, ist in Abbildung 8 zu sehen. Die Proben wurden rückseitig elektrisch kontaktiert, in Epoxydharz eingegossen, bis zur Körnung 1200 mit SiC-Nassschleifpapier geschliffen und im Ultraschallbad gereinigt. Die geometrische Oberfläche wurde durch Kopieren auf Millimeterpapier und Auszählen ermittelt.

Die Versuche wurden jeweils bei konstanter Stromstärke (8 - 10 mA) bzw. stromlos über 96 h hinweg bei PCE-Eingangskonzentrationen von 60 - 80 mg/l durchgeführt. Proben für die PCE-Analytik mittels HPLC (High Performance Liquid Chromatography) wurden zu Versuchsbeginn und sodann im Abstand von 24 h entnommen. PH-Wert und elektrische Leitfähigkeit wurden ebenfalls überwacht.



Abbildung 7: Versuchsanordnung



Abbildung 8: Verbundelektroden

Die Auswertung der Versuche erfolgte flächen- und zeitnormiert und wird als PCE-Umsatz je cm^2 geometrische Elektrodenoberfläche und Zeiteinheit angegeben.

Die Identifikation der katalytisch aktiven Komponenten in Vielkomponentensystemen, wie sie technische Eisenwerkstoffe unter chemischen Gesichtspunkten darstellen, stellt eine anspruchsvolle Aufgabe dar, deren Bearbeitung einen erheblichen Aufwand erforderte. Zur Ausbildung katalytisch wirksamer Legierungselemente sind prinzipiell alle metallischen Legierungselemente mit Ausnahme von Al, Ca, Mg, Na, K sowie die Nichtmetalle C, Si, N, P, O und S befähigt. Dabei ist ferner zu berücksichtigen, dass Legierungselemente wie Cr, Ni, Mo, W, Ti einerseits die Korrosionsbeständigkeit erhöhen, sich aus der Gruppe ihrer Verbindungen mit den genannten Nichtmetallen aber durchaus leistungsfähige Reduktionskatalysatoren rekrutieren. Es kommt also hier darauf an, einen optimalen Bereich der Zusammensetzung zu identifizieren. Physikochemisch sind diese Verbindungen zumeist als n-Halbleiter anzusprechen.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Legierungselemente auf den PCE-Abbau wurde so vorgegangen, dass zunächst die entsprechenden Fe-Verbindungen untersucht wurden, sodann eine Reihe von Verbindungen anderer Metalle/Metalllegierungen und schließlich die technischen Eisenwerkstoffe.

Legierungen von Metallen mit Nichtmetallen mit definierter Zusammensetzung zu beschaffen, erwies sich als außerordentlich schwierig. Deshalb wurden die entsprechenden Legierungen durch Ionenimplantation im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf/Institut für Ionenstrahlphysik hergestellt. Bei diesem Verfahren werden die entsprechenden Ionen in einer Hochvakuumapparatur durch Sublimation erzeugt und im elektrischen Feld stark beschleunigt, sodass nach Kollision mit dem Target die entsprechende Oberflächenlegierung erzeugt wird.

In der folgenden Abbildung 9 sind die flächennormierten Abbauraten für PCE an unterschiedlichen synthetischen Legierungen sowie an technischen Eisensorten dargestellt.

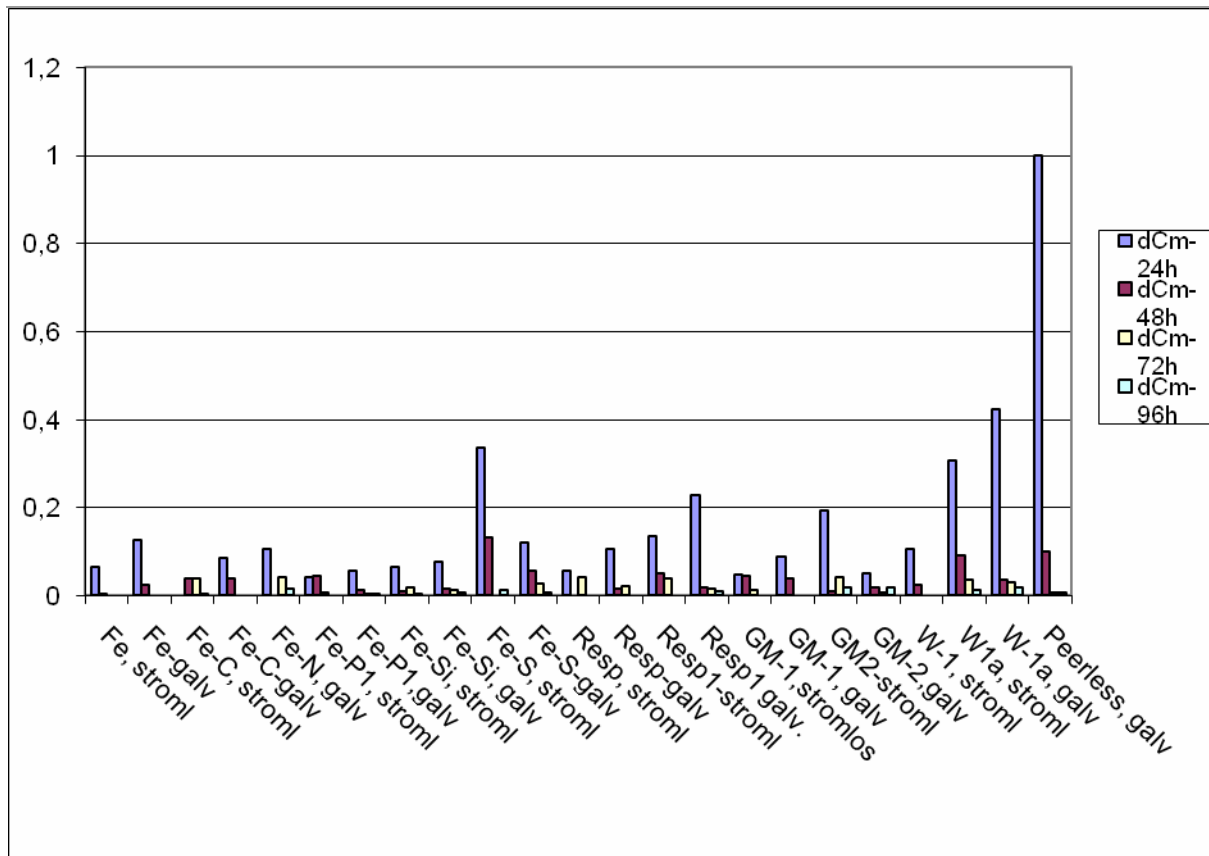


Abbildung 9: Vergleich der flächennormierten Abbauraten für PCE

(galv = galvanostatischer Versuch $I = 8-10 \text{ mA}$, Resp = Response®, GM = Gotthard-Maier-Eisen, W = Würth-Eisen, stroml = stromlos)

Generell ist festzustellen, dass von den binären Eisen-Nichtmetalllegierungen nur das Fe-S-System vergleichbare Abbauraten wie die untersuchten technischen Eisensorten zulässt. Die Gehalte vor allem von P, Si, C und N sind für die PCE-Reduktion offensichtlich nicht essentiell. Aus den Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass ein entsprechender Gehalt von Metallsulfiden in der technischen Eisenmatrix für den PCE-Abbau von erheblichem Vorteil ist.

Eine vorteilhafte Eignung sulfidischer Minerale als Reduktionskatalysatoren konnte bereits im Zuge der Entwicklung von Aktivmassen für die In-situ Immobilisation von As und U nachgewiesen werden /3/.

Weiterhin kann Abbildung 9 entnommen werden, dass durch eine elektrische Beeinflussung des Systems mit Schaltung der betreffenden Legierung als Kathode der reduktive Abbau zum Teil erheblich beschleunigt werden kann. Nennenswerte Wasserstoffentwicklung, die zu einem Strippen des PCE aus der Lösung hätte führen können, trat bei der gewählten Stromstärke nicht auf.

Von den technischen Eisensorten zeigte Peerless Iron die mit Abstand höchste spezifische Aktivität beim PCE-Abbau, gefolgt von Charge 1 des Würth-Eisens. An Response® erfolgte demgegenüber ein deutlich geringer Abbau, jedoch gelang auch in diesem Falle eine elektrochemische Aktivierung.

Charakteristisch ist weiterhin, dass es in allen untersuchten Fällen nach 24 h Versuchsdauer zu einer starken Abnahme der Reaktionsgeschwindigkeit kam. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass innerhalb dieser Zeitspanne teils bereits bis zu 80 % des vorgelegten PCE abgebaut war und damit der Konzentrationsgradient erheblich niedriger lag als zu Beginn der Versuche. Entsprechende Kontrollplots legen eine Abbaukinetik erster Ordnung nahe.

Die Untersuchungen zur Wirkung anderer Metallsulfide waren bei Redaktionsschluss noch nicht abgeschlossen.

Radiotraceruntersuchungen mit C-14-markierten PCE zur Umsatzbilanzierung

Die Radiotraceruntersuchungen wurden als Säulenversuche bei einer Versuchsdauer von 150 – 220 Tagen mit synthetischem Grundwasser Typ „Rheine“ durchgeführt. Es wurden Glassäulen mit einer Länge von 850 mm bei einem Innendurchmesser von 50 mm mit 5 Probenahmeports verwendet, die in einer Kühlzelle bei 283 K betrieben wurden. Das Zudosieren der Tracersubstanz (C-14-PCE) erfolgte mittels statischen Mischers, der in einem Bypass der Zulauf-Förderleitung angeordnet war. Während der Versuche wurde mit einem konstanten Eingangs-Volumenstrom von 20 ml/h und einer Zulaufkonzentration von ca. 10 mg/l PCE gearbeitet. Die Probenahme erfolgte an den fünf Ports sowie am Ab- und Zulauf der Säulen. Das Analysenspektrum umfasste neben PCE und Trichlorethen, deren Konzentration durch HPLC ermittelt wurde, auch cis- und trans-Dichlorethen, Chloracetylen, Monochlorethan, Ethen, Ethan und Wasserstoff (GC-MS-Analytik). Die C-14-Aktivität wurde mittels Flüssigszintillationsspektrometrie erfasst. In der Ablaufstrecke der Säulen befand sich ein Gasseparator, aus dem die Probenahme für die Gasanalytik erfolgte. Nach Versuche wurde der auf dem technischen Eisen verbliebene C-14-Anteil über eine Thermodesorption bei 423, 773 und bei 1173 K bestimmt.

Während der Versuche zeigte sich bei Response® und bei GM-Eisen eine deutliche Frontenbildung, wobei die Reaktionsfront sich langsam vom Zustrom in Richtung Abstrom verschob. Vor und hinter der Reaktionsfront war jeweils kaum PCE-Umsatz zu verzeichnen. Während an Response ca. 70 % Umsatz zu verzeichnen waren, wurden an GM Eisen Werte von ca. 95 % erreicht. Die mittlere Gasproduktionsrate lag bei GM-Eisen bei durchschnittlich 0,04 l/d, bei Response erreichte sie rund 0,16 l/d. An Würth-Eisen wurde im Versuchszeitraum weder Gasentwicklung noch nennenswerter PCE-Umsatz festgestellt.

Die Begründung für diese großen Unterschiede ist naheliegend:

Bei der Oberflächenbestimmung mittels Hg-Porosimetrie wurden für Response Werte von 0,4-0,7 m²/g ermittelt, mittels BET 1 m²/g. Bei einer im Säulenversuch eingesetzten Masse an Response von m = 15 kg entspricht dies einer Gesamtoberfläche von 8.250 – 15.000 m² für den Eisenvorrat in der Säule zu Versuchsbeginn.

Bei GM- und Würth-Eisen lieferten diese beiden Verfahren zur Oberflächenbestimmung keine verwertbaren Ergebnisse, da die Oberflächengröße jeweils sehr weit unterhalb der Erfassungsgrenze beider Verfahren lag.

Nimmt man im Sinne einer einfachen Modellrechnung an, dass es sich bei Würth-Eisen um sphärische Granalien mit d = 5 mm handelt, so ergibt sich bei einer eingesetzten Masse von 14,5 kg eine Menge von 28.222 Granalien mit einer Oberfläche von jeweils 0,78 cm². Die geometrische Gesamtoberfläche beträgt damit 22.165 cm² oder 2,216 m². Stellt man zusätzlich einen Rauigkeitsfaktor von 10 in Rechnung, was für technische Oberflächen nicht unüblich ist, erhält man eine geometrische Oberfläche von 22,16 m² für die gesamte Säulenfüllung.

Im Vergleich zur Säule mit Response lag somit die verfügbare Oberfläche des Würth-Eisens bei lediglich 0,16 – 0,26 % (!) dieser Fläche. Dies erklärt letztlich auch die signifikanten Unterschiede in den Versuchsergebnissen zum größten Teil und unterstreicht die Notwendigkeit einer Normierung bei der Bewertung unterschiedlicher Werkstoffe hinsichtlich der Abbauaktivitäten.

Die hier aufgeführten Einschränkungen gelten dann auch für die Interpretation der Bilanzierungen der C-14-PCE-Umsätze in den Säulenversuchen. Die entsprechenden Bilanzanteile sind in Abbildung 10 zusammenfassend dargestellt.

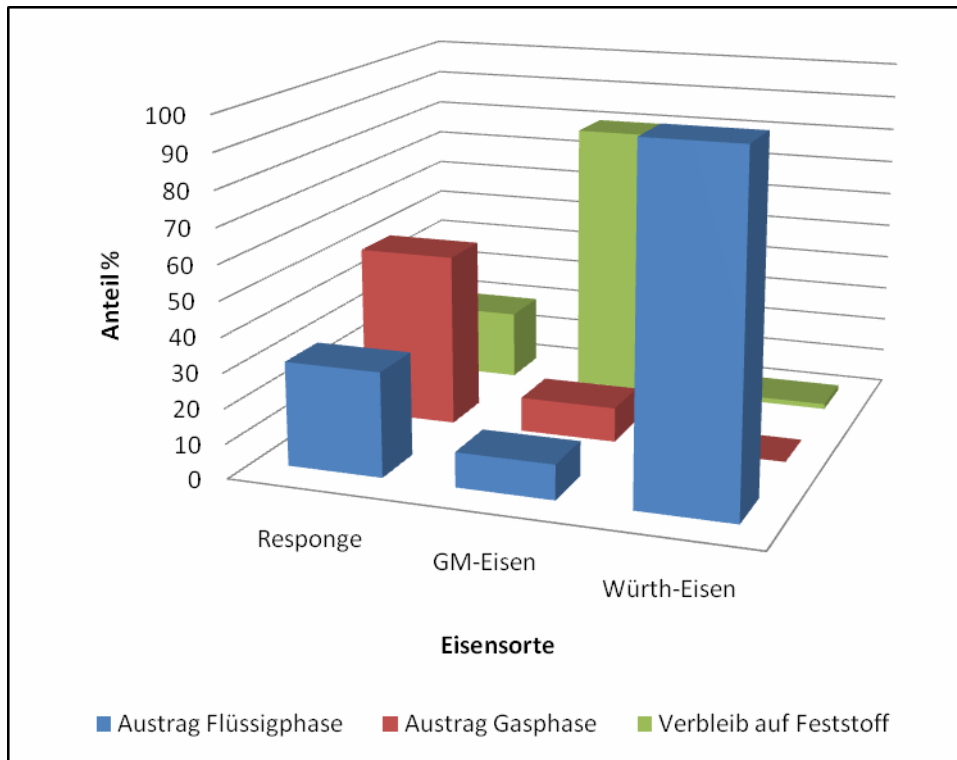


Abbildung 10: Bilanzierung des Umsatzes von C-14-PCE an technischen Eisensorten

Bei Response fanden sich ca. 30 % der ursprünglichen C-14-Aktivität in der flüssigen Phase wieder, überwiegend als nicht umgesetztes PCE und als Trichlorethen. 50 % der Aktivitätsmenge konnten in der Gasphase nachgewiesen werden und ca. 20 % wurden teils sehr stabil auf dem Feststoff sorbiert. Für Gotthard Maier-Eisen ergab sich ein deutlich besserer PCE-Abbau (Rückhalt), nur je ca. 10 % der Aktivität wurden jeweils über die flüssige oder die Gasphase ausgetragen, während die restlichen 80 % auf dem Feststoff verblieben und zu ca. 40 % dieses Anteils erst bei Temperaturen von 1173 K desorbiert werden konnten. An Granalien aus Würth-Eisen konnte aus den oben genannten Gründen im Säulenversuch kein nennenswerter PCE-Umsatz nachgewiesen werden, sodass der Austrag über die flüssige Phase entsprechend hoch war.

1.4 Fazit

Mit der Bearbeitung des Vorhabens konnte ein wesentlicher Beitrag zur Erklärung der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit technischer Eisensorten beim LHKW (PCE)-Abbau geleistet werden. Diese sind, von den in der Praxis sehr bedeutsamen hydraulischen Aspekten abgesehen, vornehmlich auf stoffliche und elektrokatalytische Ursachen zurückzuführen. Gemessen an der Zielstellung des Vorhabens, eine schnelle Methode für die Auswahl von technischen Eisenchargen für den Einsatz in reaktiven Wänden zu entwickeln, stellen die Kombination der vorgeschlagenen oberflächenanalytischen Verfahren und der batch-Versuche mit normierter Oberfläche, ggf. ergänzt durch Kurzzeit-Säulenversuche, wesentliche Elemente eines solchen Schnelltests dar. Alternativ ist es aber auch möglich, Werkstoffspezifikationen zu erarbeiten. An dieser Thematik wird gegenwärtig noch gearbeitet.

1.5 Literatur

- /1/ EBERT et. al. 1999
- /2/ EBERT et. al. 2003
- /3/ FRIEDRICH & KNAPPIK 2000
- /4/ PARBS et. al. 2003
- /5/ RUBIN Endbericht FKZ 02WR0208

2 Untersuchung des Gefährdungspotenzials von alten Gärtnereien

Antje Sohr, Christina Lausch - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Dr. Ralf Herrmann - Baugrund Dresden Ingenieurgesellschaft mbH

Im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) sind zahlreiche ehemalige Gärtnereien, die zwischen 1950 und 1990 über Jahrzehnte bzw. Jahre aktiv betrieben wurden, erfasst. Da man zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Altlastenrelevanz, die von diesen Standorten ausgeht, nicht einschätzen kann, wurde im Rahmen eines Werkvertrages das Vorhaben „Untersuchung des Gefährdungspotenzials von (alten) Gärtnereien“ vergeben. Auftragnehmer ist die Firma Baugrund Dresden.

Im Endergebnis soll ein branchenbezogenes Merkblatt für die Bewertung der Gefährdungssituation entsprechend der Altlastenmethodik erstellt werden, das als Grundlage für die weitere Handhabung von ehemaligen Gärtnereistandorten dienen soll. Hauptaugenmerk wird auf die Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Düngemittel gelegt.

Für das zu erstellende Branchenblatt waren umfassende Recherchen der verfügbaren Daten sowie technische Erkundungen und Untersuchungen an geeigneten, repräsentativen Gärtnereistandorten durchzuführen.

Für die Auswahl geeigneter Erkundungs- und Untersuchungsstandorte wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber Auswahlkriterien festgelegt:

- Historische Erkundung (HE) liegt vor.
- Handlungsbedarf „weitere Erkundung“ wurde ausgewiesen.
- Standorte wurden vor 1989 mehr als 10 Jahre betrieben.
- Standorte haben in Anlehnung an EU-WRRL eine ausreichende Flächengröße > 1ha.
- Für die Standorte sind keine weiteren Altlasten ausgewiesen.
- Standorte sind noch nicht vollständig überbaut.

Dem Auftragnehmer wurde eine Liste mit 355 erfassten Gärtnereistandorten übergeben. Für 52 Standorte liegt eine abgeschlossene historische Erkundung vor und für 17 ehemalige Gärtnereien eine orientierende Untersuchung. Im Ergebnis der Auswahlkriterien blieben nur noch fünf Standorte für die geplanten Untersuchungen übrig. Bei Einholung der Zustimmungserklärungen für die technischen Untersuchungen stellte sich heraus, dass die eigentumsrechtlichen Aspekte der Standortauswahl eine entscheidende Restriktion darstellen. Die Erlangung der Zustimmung der Eigentümer erwies sich als schwierig und langwierig.

Im Ergebnis konnten an drei Standorten technische Erkundungen und Untersuchungen durchgeführt werden. Diese ehemaligen Gärtnereien befinden sich in Leipzig, Dresden und im Erzgebirgskreis.

Folgende Parameter wurden in Boden und Grundwasser an allen drei Standorten analysiert:

- elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert
- Ammonium, Chlorid, Nitrat, o-Phosphat, Sulfat, Hydrogenkarbonat, Bromid
- MKW
- Arsen, Kupfer, Quecksilber, Zinn, Calcium, Kalium
- Organochlorpestizide (u. a. Aldrin; Lindan; DDT; DDE; Endosulfan alpha und beta)
- Organophosphorpestizide (z. B. Parathion; Chlorpyrifos)
- Pestizide (Atrazin; Simazin)
- Pyrethroide (z. B. Cypermethrin; Fenvalerat)

Die Analytik der Pflanzenschutzmittel erfolgte über ein Screening mit GC-MS, sodass ggf. auch andere Verbindungen nachgewiesen werden können.

An allen drei Standorten konnten keine relevanten Pflanzenschutz- oder Düngemittelkonzentrationen nachgewiesen werden. Einzelne punktuelle Belastungen ergaben sich aus peripheren Einträgen wie Heizhaus, Müllablagerungen etc..

Nach Fertigstellung des branchenbezogenen Merkblattes zu Gärtnereien wird es im Internet unter Fachinformationen Altlasten eingestellt (www.umwelt.sachsen.de > Boden, Altlasten > Altlasten > Fachinformationen zur Altlastenbehandlung > branchenbezogene Merkblätter). Eine Empfehlung zum Umgang mit diesen Flächen für die unteren Bodenschutzbehörden ist analog den Tierhaltungsanlagen geplant. In Verallgemeinerung der Einzeluntersuchungen sind insbesondere Lager für Pflanzenschutzmittel und Heizhäuser (und ggf. weitere Altablagerungen auf dem Gelände) näher zu betrachten. Die anderen Flächen (z. B. Gewächshausflächen) können i. d. R. vom Verdacht ausgeschlossen werden. Voraussetzung ist aber die Durchführung einer Historischen Erkundung.

2.1 Standort Leipzig

Die ehemalige Gärtnerei wurde von 1947 bis 1960 auf vorher landwirtschaftlich genutztem Bodenreformland zum Gartenbau (Gemüseanbau, Azaleen, Beet- und Balkonpflanzen) betrieben und nach der Aufgabe durch den alten Besitzer als Bestandteil der GPG bis 1990 weitergeführt. Seitdem erfolgte keine weitere Nutzung der als Altlastverdachtsfläche ausgewiesenen Gewächshäuser. Im Ergebnis der Historischen Erkundung wurde aufgrund von nicht auszuschließenden Kontaminationen und der ermittelten Risikowerte für die Schutzgüter Boden und Grundwasser eine Orientierende Untersuchung empfohlen. Als kontaminierte Flächen sind die Gewächshäuser und die Lagerfläche des Grundstücks mit insgesamt ca. 2.000 m² ausgewiesen.

Das Gelände ist heute größtenteils umzäunt, nicht mehr frei zugänglich und von verschiedenen Gräsern, Sträuchern sowie Birken überwachsen. Auf dem Gelände sind an verschiedenen Stellen Müllablagerungen, u. a. Reifen, Metallteile, Farb- und Bitumenfässer, vorhanden. Die Ablagerungen stammen aus der Zeit nach der Stilllegung. Das gesamte Objekt ist verwildert.

Auf dem Gelände befinden sich noch sieben Gewächshäuser, das Glas ist größtenteils zerstört. Bis auf die Wegbereiche befindet sich keine Bodenplatte darin. Zusätzlich befinden sich auf dem Gelände noch vier kleinere Aufzucht- sowie vier Frühbeetgewächshäuser und ein mit einer Betonplatte abgedeckter Schachtbrunnen.

Die Beheizung der Gewächshäuser erfolgte offenbar über das heute leer stehende Heizhaus mit der im Bereich des Kohlenlagerplatzes und des Lagerplatzes gelagerten Kohle. Das für die Bewässerung der Pflanzen notwendige Wasser wurde mittels einer Pumpenanlage in einem Wassertank zwischengelagert und nach Bedarf über die oberirdisch verlegten Rohrleitungen zu den Gewächshäusern geleitet.

Die Grundwasserführung ist an quartäre Lockergesteinsschichten in Form von Schmelzwassersanden gebunden, die den obersten Grundwasserleiter bilden (lokal aber sehr unterschiedlich ausgebildet). Der tiefere, pleistozäne Grundwasserleiter ist in einem Flurabstand von mehr als 10 m zu erwarten.

Das nächstgelegene Oberflächengewässer verläuft ca. 100 m südöstlich des Standortes. Das oberflächennahe Schichtwasser entspannt in dieses Oberflächengewässer.

Ergebnisse

Schutzgut Boden

Es wurden die sensiblen Bereiche (Gewächshäuser, Umgebung der Gewächshäuser, Lagerflächen, Lagerschuppen und Heizhaus) bis in eine Tiefe von 1 m und in Ausnahmefällen bis in eine Tiefe von 3 m beprobt.

Insgesamt erfolgte die Analyse von 20 Bodenproben (größtenteils Mischproben).

Da die Art der zukünftigen Nutzung des Flurstückes nicht geklärt ist (derzeit Brachfläche), wurde für die weitere Betrachtung von der sensibelsten Nutzung für das Schutzgut Boden, der Nutzung als Kinderspielfläche, ausgegangen.

Im Heizhaus, Lagerschuppen und Lagerfläche überschreiten die Konzentrationen für Arsen zum Teil die Prüfwerte für die Nutzung als Kinderspielfläche (49,2 mg/kg im Lagerschuppen, 55,5 mg/kg im Heizhaus). Die Kupfer- und Quecksilberkonzentrationen liegen teilweise über den Vorsorgewerten für das Schutzgut Boden.

Die deutlichen Überschreitungen des Prüfwertvorschlages des organischen Summenparameters Kohlenwasserstoffe in der Auffüllung des Heizhauses, außerdem eine relativ hohe PAK-Konzentration (Überschreitung des Vorsorgewertes von 3 mg/kg für Humusgehalt < 8 %) stehen im Zusammenhang mit der ursprünglichen Nutzung, aber möglicherweise auch mit der vorgefundenen Ablagerung von Müll.

Hinweise auf einen Austrag aus dem Quellmaterial über den Bodenpfad (Eluatanalysen der unterliegenden Schichten bis 1 m) wurden nicht festgestellt.

Bis auf die oben genannten Konzentrationen gibt es bis zur insgesamt untersuchten Tiefe von 3 m **keine** Hinweise auf eine Kontamination bzw. vertikale Ausbreitung von Schadstoffen über den Prüf- und Vorsorgewerten der BBodSchV.

Schutzgut Grundwasser

Im Rahmen des Projektes wurde eine Grundwassermessstelle im Abstrom des oberflächennahen Grundwasserleiters/Schichtwassers bis 15 m abgeteuft, im Bereich der Schmelzwassersande zwischen 3 und 6 m verfiltert und beprobt.

Die Analyse der Grundwasserprobe ergab keine Hinweise auf eine Schadstoffausbreitung über den Pfad Boden-Grundwasser. Pflanzenschutzmittel, Arsen- und Schwermetallkonzentrationen wurden unter der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Mögliche Düngemittelinhaltsstoffe wie Nitrat, Ammonium, o-Phosphat und Phosphor gesamt liegen im geogenen Konzentrationsbereich.

Mit Ausnahme der Mischproben an den Gewächshäusern (Prüfwertüberschreitung für Arsen) weisen die Eluate der Mischproben keine Konzentrationen über den Prüfwerten für Sickerwasser der BBodSchV auf. Infolge der Lagerungsbedingungen, der als mögliche Schadstoffquelle identifizierten Auffüllungen im Heizhaus und Lagerschuppen (intakte Bedachung, keine Auswaschung durch Niederschlagswasser) ist keine wesentliche Freisetzung von Schadstoffen und Transport über den Bodenpfad mit Eintrag aus der Auffüllung in das Schutzgut Boden über die ungesättigte Zone zum Grundwasserleiter zu erwarten.

Eine Gefährdung der Schutzgüter Boden und Grundwasser kann nur durch Eintrag aus den genannten Quellen nach Änderung der Lagerungsbedingungen, z. B. Zerstörung der Bedachung, Abbruch der Bausubstanz ohne Entfernung der Auffüllungen im Bereich der Gebäude erfolgen.

Handlungsbedarf

In Abhängigkeit von der zukünftigen Nutzung kann für den Wirkungspfad Boden - Mensch weiterer Handlungsbedarf gegeben sein. Dies betrifft insbesondere weitere Untersuchungen bei einer sensiblen Nutzung als Kinderspielfläche oder Wohngebiet:

- am Heizhaus
- am Lagerschuppen
- am Lagerraum (bisher nicht untersucht)

Da die nachgewiesenen Belastungen den oberflächigen Boden betreffen, ist zu prüfen, ob Auskofferungen im Rahmen eines zukünftigen Abrisses bzw. Neubaus ausreichend sind. Der Gefahrenausschluss ist mit begleitenden Untersuchungen nachzuweisen. Ein Abtrag/Austausch der kontaminierten Auffüllungen und deren Verwertung/Entsorgung ist entsprechend den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und den dort festgelegten Zuordnungswerten für die Verwertung oder Deponierung erforderlich.

Es ist kein Handlungsbedarf für das Schutzgut Grundwasser ableitbar.

2.2 Standort Dresden

Die Angaben zum Nutzungsbeginn differieren zwischen 1883 und 1920. In der ehemaligen Gärtnerei wurden außer in den Kriegsjahren (Gemüseanbau) ausschließlich Zierpflanzen gezogen. Die Aufzucht erfolgte anfangs überwiegend im Freiland. Mit zunehmender Nutzungsdauer wurden immer größere Teile der Nutzungsfläche mit Gewächshäusern bebaut. Bis 1990 wurde die Gärtnerei betrieben. Das Gewächshaus im zentralen Teil der Fläche wurde 1990/91 gebaut und bis 2005 noch aktiv betrieben. Der Abriss erfolgte nach 2008. Die sich im nordöstlichen Teil befindlichen Gewächshäuser stammen aus dem Jahr 1950 und wurden bis zur Aufgabe des Standortes im Jahr 2005 als „Verkaufsgewächshäuser“ genutzt.

Das Gärtnereigelände war ursprünglich wesentlich größer, der gesamte südliche Teil wurde bereits überbaut. Der zu untersuchende Standort ist ca. 8.500 m² groß. Der Eigentümer des Grundstücks plant die Errichtung einer Wohnanlage darauf.

Von den Gewächshäusern sind nur noch die Fundamente erhalten. Innerhalb der Gebäude waren die Wege betoniert. Die Pflanzenaufzucht erfolgte in Blumentöpfen auf kastenförmigen, mit Matten ausgelegten Tischen ohne direkten Kontakt des Aufzuchtsubstrates mit dem unversiegelten Boden der Gewächshäuser.

Nach Angaben in der Historischen Erkundung gab es einen Düngermischstand und ein Rohrleitungssystem zur Verteilung in die Gewächshäuser. Die Zubereitung der Düngerlösung erfolgte in einem Betonbassin. Auf dem Gelände der ehemaligen Gärtnerei gibt es einen verschlossenen Brauchwasserbrunnen. In der Historischen Erkundung erfolgte im August 1995 eine Wasserstandsmessung von 3,5 m unter Geländeoberkante. Durch Vermischung von Trink-, Brauch- und Regenwasser wurde die Zusammensetzung des Wassers auf die Zierpflanzen eingestellt. Auf diesem Standort wurden nach den Erhebungen der Historischen Erkundung nur Kleinmengen von Pflanzenschutzmitteln (PSM) für den unmittelbaren Einsatz gelagert. Das Hauptlager an PSM befand sich in einem anderen Betriebsteil.

Ein Großteil der nicht von den Gewächshäusern eingenommenen Flächen ist durch Betonplatten versiegelt. Schachtdeckel und Einläufe deuten im Gelände auf vorhandene Entwässerungs- oder Rohrkanäle hin. Oberflächenwasser wurde in die Kanalisation eingeleitet.

Die Grundwasserführung ist an die Elbsande und -kiese gebunden, die den pleistozänen Grundwasserleiter (Flurabstand 3 bis 5 m) bilden. Die über dem Grundwasserleiter anstehenden Talsande am Standort stellen keinen Hangendstauer dar, damit ist der Grundwasserleiter nicht geschützt. Die Grundwasserströmung erfolgt Richtung Elbe.

Ergebnisse

Schutzgut Boden

Es wurden die sensiblen Bereiche (Gewächshäuser, Umgebung der Gewächshäuser, Tankanlage/Ölbehälter) bis in eine Tiefe von 1 m beprobt.

Insgesamt erfolgte die Analyse von 17 Bodenproben (größtenteils Mischproben).

Als zukünftige Nutzung für den Standort ist nach Information des derzeitigen Eigentümers eine Wohnbebauung von Einfamilienhäusern vorgesehen. Eine Nutzung als Kinderspielfläche ist nicht ausgeschlossen. Die Untersuchungsergebnisse wurden nach der sensibelsten Nutzung Kinderspielflächen bewertet.

Auf der untersuchten Fläche des Standortes der Gärtnerei wurden keine Schadstoffe mit Konzentrationen über den Prüfwerten in den nach Abriss der Gewächshäuser verbliebenen Auffüllungen und im Boden gefunden.

Die mit Konzentrationen unterhalb der Prüf- bzw. Orientierungswerte festgestellten Pflanzenschutzmittel sind als persistent bekannte chlororganischen PSM Endosulfan, DDT und dessen Abbauprodukt p,p-DDE. Die höchsten Konzentrationen wurden im nördlichen Teil des Standortes in einer Bodentiefe bis 0,3 m gefunden. Kupfer als möglicher Bestandteil von Pflanzenschutzmitteln wurde in Konzentrationen über dem Vorsorgewert gefunden.

Die Konzentrationen der untersuchten Parameter nehmen im Allgemeinen mit zunehmender Untersuchungstiefe ab und sind im tiefsten untersuchten Horizont von 0,6 bis 1,0 m meist unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Eine Exposition des Schutzgutes Boden ist nur im Oberflächenbereich des Öltankstandortes für MKW nachweisbar. Hier ist eine Nutzung als Kinderspielfläche ausgeschlossen.

Schutzgut Grundwasser

Im Rahmen des Projektes wurde eine Grundwassermessstelle im Abstrom des oberflächennahen Grundwasserleiters bis 8 m abgeteuft, zwischen 5 und 8 m verfiltert und beprobt.

Die Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel liegen im Grundwasser unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Die Konzentrationen der anderen organischen Verbindungen (PAK, BETX, MKW) sind kleiner als die Geringfügigkeitsschwellen. Mögliche Düngemittelinhaltsstoffe wie Nitrat, Ammonium, o-Phosphat, Phosphor gesamt, Kalium liegen im geogenen Konzentrationsbereich.

Einziger Parameter über der Geringfügigkeitsschwelle (GFS) Grundwasser ist die Kupferkonzentration im Grundwasserabstrom.

Im Eluat der Mischproben wurden keine Überschreitungen der Sickerwasserprüfwerte festgestellt.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser und Oberflächenwasser ausgeschlossen werden.

Handlungsbedarf

Es wurden keine Hinweise auf eine nachhaltige Belastung der Schutzgüter Boden und Grundwasser durch branchentypische Schadstoffe (PSM, Düngemittel, Schwermetalle) mit Konzentrationen über den Prüf- bzw. Orientierungswerten festgestellt.

Für die Nutzung des Bodens als Wohngebiet besteht aufgrund der Bewertung kein Handlungsbedarf oder die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen (Detailerkundung) bzw. Sanierungsmaßnahmen in den erkundeten Flächen. Bei der Nutzung der Fläche als Kinderspielfläche ist ein Handlungsbedarf gegeben (weitere Untersuchungen, Auskoffnung bzw. Überdeckung).

Zur Realisierung der geplanten Nutzung und eventuell damit verbundenen Abbruch der Gebäude ist ein Abtrag/ Austausch der kontaminierten Auffüllungen und Boden und deren Verwertung/Entsorgung entsprechend den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und den dort festgelegten Zuordnungswerten für die Verwertung oder Deponierung erforderlich. Der Erfolg der Dekontamination ist ggf. durch weitere Untersuchungen zu verifizieren.

Die geringen nachweisbaren Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser führen nicht zu einem Handlungsbedarf.

2.3 Standort im Erzgebirgskreis

Die ehemalige Gärtnerei wurde von ca. 1930 bis 1990 betrieben und umfasst eine Fläche von 11.000 m². Die Flurstücke der Altlastverdachtsfläche sind teilweise umzäunt, Flurstücke im Eigentum der Stadt sind nicht umzäunt und frei zugänglich. Im Nordwesten schließt sich landwirtschaftliche Nutzfläche und nach allen anderen Himmelsrichtungen lockere Wohnbebauung an.

Nach Angaben aus der Historischen Erkundung wurde die ehemalige Gärtnerei von verschiedenen Nutzern betrieben, aber mit keiner anderen bekannten Nutzung als Obst-, Gemüse und Zierpflanzenproduktion. Die Gewächshäuser wurden in der Vergangenheit durch eine Kohleheizanlage beheizt. Das alte Heizhaus wurde abgerissen und mit einem Wohnhaus überbaut. Nach 1990 erfolgte keine weitere Nutzung der ausgewiesenen Altlastverdachtsfläche.

Im Ergebnis der Historischen Erkundung wurde aufgrund von nicht auszuschließenden Kontaminationen eine Orientierende Untersuchung zur Erkundung der konkreten Gefährdungslage, insbesondere der geplanten Wohnbebauung, empfohlen.

Die Ortsbesichtigung ergab, dass von den Gewächshäusern z. T. nur noch Fundamente vorhanden sind. In einem Teil der nicht zugänglichen Flächen sind noch Gewächshäuser vorhanden. Zwischen den Gewächshäusern befindet sich ein Gebäude als Verbinder, ein Lagerschuppen sowie die ehemalige Werkstatt der Betriebshandwerker an der Westseite. Der Lagerraum für Pflanzenschutzmittel befand sich außerhalb der Altlastverdachtsfläche.

Die Grundwasserführung kann lokal sehr unterschiedlich sein und ist an teilweise tiefreichende Störungszonen des Festgesteins mit Verwitterungslockergesteinen gebunden. Der oberste lokal ausgeprägte Grundwasserleiter wird durch eine Verwitterungsdecke und die Zone des Festgesteinszersatzes gebildet.

Ein Teich befindet sich in der Nähe.

Ergebnisse

Schutzgut Boden

Es wurden die sensiblen Bereiche (Gewächshäuser, Umgebung der Gewächshäuser, Freiflächen, Teichsediment) bis in eine Tiefe von 1 m beprobt.

Insgesamt erfolgte die Analyse von 14 Bodenproben (größtenteils Mischproben).

Als zukünftige Nutzung der Altlastenverdachtsfläche ist Wohnbebauung vorgesehen. Eine sensible Nutzung für das Schutzgut Boden und den Wirkungspfad Direktkontakt Boden - Mensch bei einer Nutzung als Kinderspielfläche ist damit nicht ausgeschlossen. Deshalb wurden die Untersuchungsergebnisse nach der sensibelsten Nutzung Kinderspielflächen bewertet.

Die Hintergrundgehalte des Bodens sind für die Erzgebirgsregion z. T. größer als die Vorsorgewerte der Schwermetallkonzentrationen und des Prüfwertes Kinderspielflächen für Arsen der BBodSchV. Ursache sind insbesondere periglazilen Umlagerungsdecken über Tonschiefer, Phyllit.

Bei zwei Bodenproben (0,0 bis 0,3 m) und in der Sedimentprobe wird der Orientierungswert von MKW, der bei 100 mg/kg liegt, (MKW-Gehalte bis 200 mg/kg) für die Nutzung als Kinderspielfläche überschritten. Eine vertikale Ausbreitung in die bis 1 m Tiefe untersuchten Schichten ist nicht nachweisbar.

Hinweise auf einen Austrag aus dem Quellmaterial über den Bodenpfad (bis 1,0 m) wurden nicht festgestellt.

Schutzgut Grundwasser

Im Rahmen des Projektes wurde eine Grundwassermessstelle im Abstrom des oberflächennahen Grundwasserleiters bis 8 m abgeteuft, zwischen 3 und 8 m verfiltert und beprobt

Die Analysenergebnisse für die im Abstrom abgeteufte Grundwassermessstelle ergaben keine Hinweise auf eine Schadstoffausbreitung über den Pfad Boden - Grundwasser. Nickel- und Zinkkonzentrationen liegen minimal über den Geringfügigkeitsschwellen, alle anderen untersuchten Parameter liegen darunter. Es gibt keine Hinweise auf eine Kontamination des Schutzgutes Grundwasser durch Schwermetalle, Pflanzenschutzmittel oder Düngemittelinhaltsstoffe.

Die Eluate der Mischproben weisen keine Konzentrationen über den Prüfwerten für Sickerwasser nach BBodSchV für die untersuchten Parameter auf. Damit sind aus den untersuchten Teilflächen der Altlastenverdachtsfläche keine wesentlichen Freisetzungen von Schadstoffen und Transport über den Bodenpfad mit Eintrag aus Auffüllung und Boden über die ungesättigte Zone zum Grundwasserleiter zu besorgen.

Handlungsbedarf

Bei der Nutzung als Wohngebiet besteht auf den untersuchten Flächen kein Handlungsbedarf für weitere Untersuchungen (Detailuntersuchung) bzw. Sanierungsmaßnahmen

Bei der Nutzung als Kinderspielfläche sind die relevanten Flächen ggf. weiter zu untersuchen und die Ergebnisse zu verifizieren. Bestätigen sich die Befunde für die betreffenden Flächen, genügen einfache Sanierungsmaßnahmen (z. B. Bodenaustausch), um eine sensiblere Nutzung zu erreichen.

Bei der Realisierung der geplanten Nutzung und eventuell damit verbundenem Abbruch von Fundamentresten und Abtrag/Auffüllungen ist eine Verwertung/Entsorgung entsprechend den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und den dort festgelegten Zuordnungswerten für die Verwertung oder Deponierung erforderlich. Der Erfolg der Dekontamination ist ggf. durch weitere Untersuchungen zu verifizieren

Für die im Rahmen dieser Orientierenden Untersuchung nicht zugänglichen Flächen ist eine Untersuchung auf vergleichbarem Niveau unbedingt notwendig (insbesondere an Gebäuderesten und Lagerschuppen).

Für das Schutzgut Grundwasser besteht kein Handlungsbedarf.

3 Geochemische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1 : 400.000 (GcBÜK 400)

Kati Kardel - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Die geochemische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen wird vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) herausgegeben und ist als Plot beim Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) plan oder gefaltet erhältlich. Die Übersichtskarten für die Elemente Arsen, Cadmium und Blei im Oberboden sind bereits verfügbar. Demnächst folgen weitere Karten von anorganischen Schadstoffen wie Kupfer, Thallium, Zink, Quecksilber und Uran.

Die Karten bestehen aus der eigentlichen Elementkarte, einer Legende mit statistischen Informationen (Mittelwerte, Min, Max), einer kleinen vereinfachten geologischen Karte und einem erläuternden Text zum jeweiligen Element (Abbildung 1).

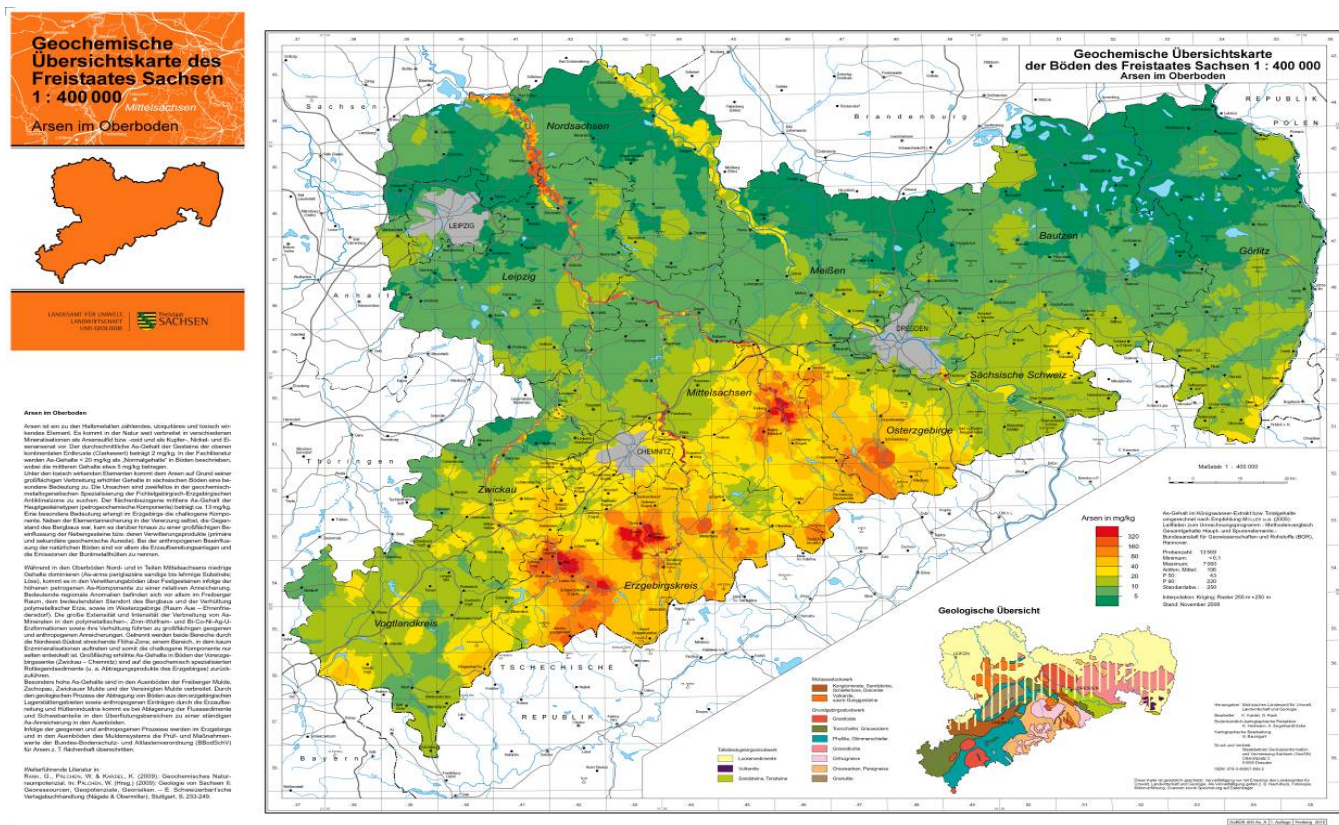


Abbildung 1: GcBÜK 400, Arsen im Oberboden

Arsen, Cadmium und Blei sind die maßgeblichen Elemente, die in Sachsen zu großflächigen stofflichen Bodenbelastungen im Erzgebirge, aber auch in den Auen der das Erzgebirge entwässernden Flüsse führen. Die umweltrelevanten Spurenelementgehalte der Böden werden wesentlich durch den geogenen Grundgehalt der Ausgangsgesteine geprägt. Bedingt durch die geochemische Spezialisierung der sächsischen Gesteine werden dadurch im Bereich des Grundgebirgs- und Molassestockwerks bereits stärkere Differenzierungen der Elementgehalte (z. B. über Graniten) in den Böden sichtbar. Eine besondere Bedeutung erlangt im Erzgebirge die geogene Zusatzbelastung durch Mineralisationsprozesse, die zur Bildung zahlreicher Zinn-, Uran- und Buntmetallagerstätten führte. Infolge des intensiven Bergbaus seit dem Mittelalter, der

Aufbereitung und Verhüttung von Erzen sowie der vielfältigen Produktionsprozesse wurden zusätzlich (Schadstoff-) Elemente emittiert, die zu einer weiteren Erhöhung der Gehalte im Einflussbereich der Bergbau- und Hüttenstandorte sowie der im Abstrom befindlichen Auen führten.

Von den anorganischen Schadstoffen spielt im Erzgebirge zweifellos das Arsen die bedeutendste Rolle. Der flächenbezogene mittlere As-Gehalt der sächsischen Hauptgesteinstypen beträgt ca. 13 mg/kg und liegt damit deutlich über dem (weltweiten) kristallinen Durchschnittsgehalt von 2 mg/kg. Besonders hervorzuheben sind die polymetallischen Blei-Silber-Zink-Lagerstätten bei Freiberg (As, Cd, Pb), die Zinn-Wolfram-Vererzungen nördlich Annaberg und Altenberg (As) und die Uran führenden Mineralisationen bei Aue (As), die sich durch eine starke As-Führung in Form der Minerale Arsenkies, FeAsS und gediegenem As auszeichnen und ihre Nebengesteine weiträumig beeinflussten.

Im Rahmen von Verwitterungs- und Transportprozessen gelangen Arsen- und Schwermetalle zumeist partikelgebunden in die Vorfluter und werden in den Flusssedimenten und Auenböden akkumuliert. Aus umweltgeochemischer Sicht heißt das jedoch, dass neben den Bergbauzentren im Erzgebirge auch in den Auen der Freiburger Mulde (einschl. Zschopau), Zwickauer Mulde, Vereinigten Mulde und teilweise in der Elbaue ein stoffliches Belastungspotenzial entstand, welches in Ausdehnung und Intensität das der Bergbau- und Hüttenstandorte teilweise übertrifft.

Infolge der festgestellten Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) von As, Cd, Pb (Cu, Hg) entsteht grundsätzlich Handlungsbedarf, um den Schadstoffübergang vom Boden in Pflanzen, Tiere und den Menschen möglichst gering zu halten.

Im Vergleich dazu haben die nördlichen und mittleren Teile Sachsens durch die Bedeckung mit quartären und tertiären Lockersedimenten (Sande, Kiese, Löss) in den Böden ein überwiegend gleichförmiges Elementspektrum im niedrigen Gehaltsbereich.

In die Erstellung der geochemischen Karten gingen zwischen 13.000 und 15.000 Analysendaten ein. Es handelt sich hierbei überwiegend um Daten, die das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie im Rahmen seiner Bodenmessnetze selbst erhoben hat, aber auch Daten Dritter (Hochschulen, Gutachten) wurden mit berücksichtigt. Die Analysen wurden aus dem Königswasser-Extrakt bzw. als Totalgehalt bestimmt. Für die gemeinsame Kartendarstellung erfolgte die Umrechnung der Totalgehalte in Königswassergehalte nach Empfehlungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

Die Elementgehalte wurden im Programm ArcInfo mit Kriging bzw. Inversdistanzwichtung interpoliert und flächenhaft dargestellt, die Flussauen wurden dabei mit Blick auf ihre geochemische Sonderstellung als separate Raumeinheit bearbeitet. Die Klasseneinteilung für jedes Element orientierte sich an dessen statistischer Verteilung. Der Median (50. Perzentil) des Gesamtdatenkollektivs liegt i. d. R. in der mittleren (gelben) Klasse. Im Farbverlauf der Kartendarstellung zeigen mit Bezug auf den Median grüne Farbtöne niedrigere Gehalte und rote Farbtöne höhere Gehalte an.

4 Datierung junger Grundwässer mit Hilfe von Umwelttracern

Michael Dilbat, Dr. Kay Knöller, Dr. Stephan Weise - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Halle
 Heiko Ihling - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

4.1 Einführung

Viele Probleme im Zusammenhang mit der Trinkwasserversorgung aus Grundwasserreservoirs sowie mit grundwasserabhängigen Ökosystemen benötigen für ihre Lösung ein Verständnis der Zeitskalen, innerhalb derer die Grundwasserströmung und der Transport gelöster Bestandteile stattfinden. Die Sensibilität insbesondere junger, d. h. am aktuellen hydrologischen Kreislauf teilnehmender Grundwässer hinsichtlich Übernutzung, Kontamination sowie Landnutzungs- bzw. Klimawandeleffekten verstärkt die Notwendigkeit des Wissens über Fließ- und Transportprozesse, welche innerhalb von Dekaden, Jahren oder noch kürzeren Zeitskalen ablaufen. Ein sehr nützliches Hilfsmittel dabei ist die Bestimmung von Grundwasserverweilzeiten mit Hilfe von Umwelttracern.

Typische Zeitspannen, die damit bei der Datierung von Grundwässern abgedeckt werden können, sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Darstellung konzentriert sich dabei auf Umwelttracer zur Datierung junger Grundwässer mit Verweilzeiten bis etwa 50 Jahre.

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde auf Literaturangaben im Text verzichtet. Alle genutzten Quellen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

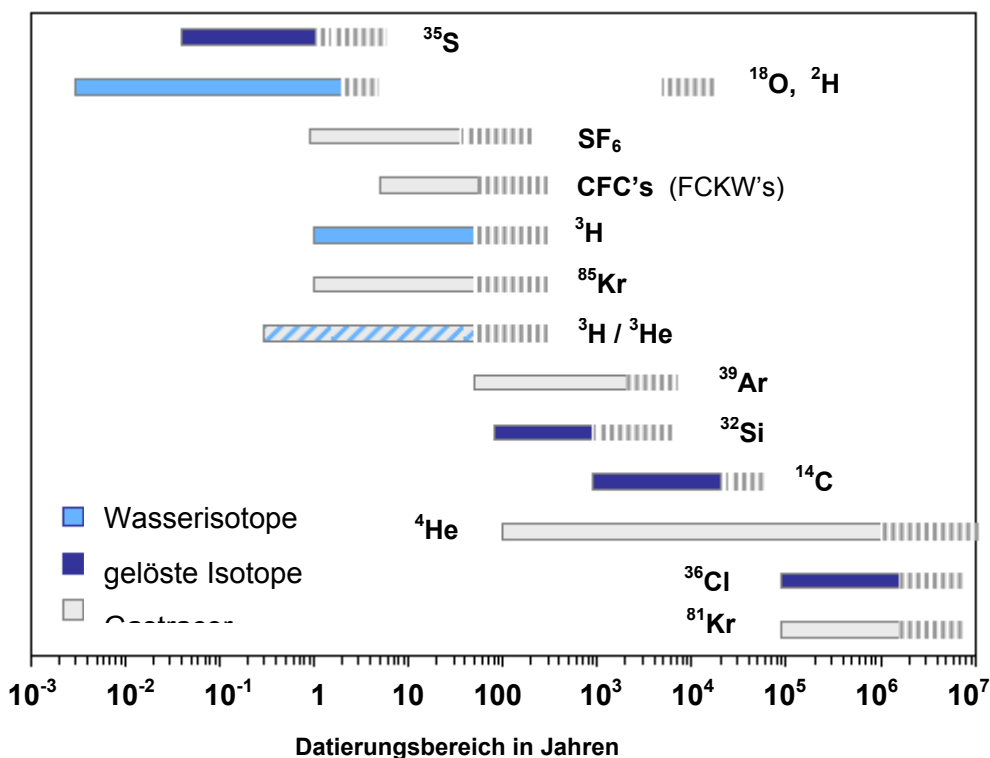


Abbildung 1: Typisierung und Datierungsbereiche von Umwelttracern (geändert nach NEWMAN et al. 2010)

4.2 Grundwasserdatierung mit Hilfe von Umweltracern

Unter einem Tracer (von engl.: to trace = verfolgen, aufspüren) versteht man in der Hydrogeologie eine Substanz, welche auch noch in sehr geringen Konzentrationen detektiert werden kann. Im Gegensatz zu künstlich (d. h. mit einer bestimmten Zielstellung) eingebrachten Tracern, befinden sich Umweltracer bereits im zu untersuchenden Grundwassersystem, wobei ihr Vorhandensein in der Umwelt sowohl auf natürliche als auch anthropogene Ursachen zurückgeführt werden kann.

Unter dem mit Hilfe einer Umweltracerkonzentration bestimmten Alter einer Grundwasserprobe wird im Falle von Gasracern die Zeitspanne seit der Isolierung der Wasserprobe von der Gasphase (Bodenluft) verstanden, d. h. die Aufenthaltszeit in der gesättigten Zone. Im Falle von z. B. Tritium wird dagegen die Zeitspanne zwischen Infiltration und Probennahme bestimmt (Verweilzeit in ungesättigter plus gesättigter Zone).

Der Begriff „Grundwasseralter“ kann zu Missverständnissen führen. Eine Grundwasserprobe besitzt nur in sehr seltenen Fällen ein einzelnes Alter (wie das Alter einer Person). So kommt es u. a. durch den Vorgang der Probennahme im Brunnen zu einer Konvergenz von Grundwasserstromlinien und damit einer Vermischung unterschiedlich alter Grundwasseranteile. Die Altersspannbreite der in der Probe miteinander vermischten Grundwasseranteile nimmt dabei mit der Filterstreckenlänge zu. Auch bereits im Grundwasserleiter selbst kann es durch Dispersionsprozesse zu einer Vermischung unterschiedlich alter Grundwasseranteile kommen.

Das mit Hilfe verschiedener Modellierungsansätze aus solch einer Probe abgeleitete Grundwasseralter stellt demzufolge den gewichteten Durchschnitt einer Altersverteilung dar und sollte exakter eigentlich als „mittlere Verweilzeit der Grundwasserprobe“ bezeichnet werden. Da jedoch der Term „Grundwasseralter“ bzw. nur „Alter“ wesentlich eingängiger ist, hat er sich in der Praxis durchgesetzt. Es ist auch üblich im Zuge einer Auswertung von Umweltracerdaten von einem „scheinbaren Grundwasseralter“ zu sprechen. Dabei handelt es sich um die Angabe des direkt aus den gemessenen Konzentrationen abgeleiteten (scheinbaren) Grundwasseralters ohne die Berücksichtigung von Mischungsprozessen.

Prinzipiell können die für die Altersbestimmung von Grundwässern genutzten Datierungsmethoden hinsichtlich ihres Ansatzes in vier verschiedene Kategorien eingeteilt werden:

- **Radioaktiver Zerfall:** Bei bekannter Ausgangskonzentration kann mit Hilfe der Halbwertszeit die Zeitspanne bestimmt werden, welche erforderlich war, um die Konzentration auf das gemessene Niveau absinken zu lassen (z. B. ^{14}C).
- **Mutter-Tochter-Paar** (radioaktiver Zerfall): Die Messung der Konzentration des instabilen, radioaktiven Nuklids (Mutter) und des durch den Zerfall gebildeten stabilen Nuklids (Tochter) in der Probe erlaubt mit Hilfe der Halbwertszeit die Berechnung der Zeitspanne, welche nötig war, um die gemessene Konzentration des Tochternuklids zu generieren (Bsp.: ^3H zerfällt zu ^3He).
- **Akkumulation:** Die zunehmende Anreicherung eines Umweltracers im Grundwasser, bedingt durch seine Produktion im Untergrund, wird zur Ermittlung der Aufenthaltszeit genutzt (Bsp.: ^4He).
- **Variation der Inputfunktion:** Mit Hilfe der bekannten zeitlichen Veränderung der Konzentration des Umweltracers im Niederschlagswasser bzw. der Atmosphäre (sog. Inputfunktion) kann die mittlere Verweilzeit des Grundwassers bestimmt werden (z. B. ^3H , CFC's, SF_6).

Nach Möglichkeit sollten für die Bestimmung des Grundwasseralters mehrere Umweltracer simultan genutzt werden. Dies trägt erheblich dazu bei, den Einfluss von Mischungsprozessen sowie den Einfluss einer Reihe physikalischer und chemischer Prozesse, welche ebenfalls Einfluss auf die Konzentrationen von Umweltracern im Grundwasser haben können, zu klären.

Im Folgenden werden die zurzeit in der Praxis am häufigsten für Datierungszwecke eingesetzten Umweltracer kurz vorgestellt. Es handelt sich dabei um drei Umweltracer, bei denen die zeitlich bekannte Variation der Inputfunktion genutzt wird (^3H , FCKW's, SF_6) sowie ein Mutter-Tochter-Paar ($^3\text{H}/^3\text{He}$). Die im Zusammenhang mit diesen Umweltracern häufig verwendeten Begriffe „junges“ und „altes“ Wasser beziehen sich dabei auf das Vorhandensein des jeweiligen Umweltracers in der Probe. Da der Beginn des datierbaren Zeitraumes in Abhängigkeit vom gewählten Umweltracer etwas variiert (vgl. Abbildung 1), variiert auch die Grenze zwischen „jungem“ und „altem“ Wasser in Abhängigkeit vom jeweils genutzten

Umwelttracer. Kann z. B. kein Tritium in einer Probe nachgewiesen werden, spricht man bzgl. Tritiums von altem Wasser, wobei in diesem Fall nur ein Mindestalter angegeben werden kann. Für weitere Untersuchungen muss ein geeigneterer Umwelttracer herangezogen werden (Abbildung 1). Liegt dagegen Tritium in einer messbaren Konzentration vor, handelt es sich bzgl. Tritium um junges Wasser bzw. um eine Mischung aus jungem tritiumhaltigen und altem tritiumfreien Wasser.

Tritium (^3H)

Mit dem Namen Tritium wird das radioaktive Isotop des Wasserstoffs bezeichnet. Unter Isotopen versteht man verschiedene „Versionen“ eines chemischen Elements, welche sich in der Anzahl der Neutronen im Atomkern unterscheiden. Die Anzahl der Protonen, welche die Stellung des Elements im Periodensystem der Elemente bestimmt, ist jedoch bei den Isotopen eines Elements gleich. Daher auch die Bezeichnung Isotop (von griech.: iso = gleich & topos = Ort). Die hochgestellte Ziffer in „ ^3H “ ist die Massezahl und stellt die Summe aus Neutronen und Protonen dar. Wasserstoff besitzt insgesamt drei natürlich vorkommende Isotope:

- ^1H „gewöhnlicher“ Wasserstoff (99,985 %)
- ^2H Deuterium (schwerer Wasserstoff ; 0,00015 %)
- ^3H Tritium (überschwerer Wasserstoff ; < 10^{-17} %)

Die Maßeinheit, in der Tritiumkonzentrationen angegeben werden, ist die sogenannte Tritiumeinheit [TU], wobei 1 TU einem Tritiumatom pro 10^{18} -Wasserstoffatomen entspricht. Tritium wird in der Stratosphäre durch die Reaktion von Stickstoffatomen mit Neutronen der kosmischen Strahlung natürlich gebildet und zerfällt mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren unter Aussendung eines Elektrons (β -Zerfall) zum stabilen Heliumisotop ^3He . Die Produktion von Tritium in der oberen Atmosphäre führt in Mitteleuropa zu einem natürlichen Hintergrundwert von etwa 5 TU in den Niederschlagswässern.

Bedingt durch die atmosphärischen Tests thermonuklearer Wasserstoffbomben (Kernfusion) zwischen 1951 und 1963 erhöhte sich die Konzentration von Tritium in den Niederschlagswässern um mehrere Größenordnungen (vgl. Abbildung 2). Seit dem Moskauer Atomteststoppabkommen von 1963 (Verbot von Kernwaffentests in Atmosphäre, Weltraum und unter Wasser) ist eine mehr oder weniger exponentielle Abnahme der Tritiumkonzentrationen im Niederschlag zu beobachten. In 2007 betragen die Werte z. B. in Leipzig noch etwa 7 TU im Winter und 12 TU im Sommer.

Bedingt durch diese Ereignisse besitzt also das infiltrierende Niederschlagswasser seit Anfang der 1950er-Jahre ein zeitabhängiges Merkmal (die Tritiumkonzentration), welches sich im Zuge der Grundwasserneubildung auf das Grundwasser überträgt. Dieses Merkmal kann unter Beachtung gewisser Randbedingungen (z. B. radioaktiver Zerfall, teilweise Doppeldeutigkeit der Inputfunktion durch Anstieg und Abfall der Konzentration im Niederschlag) zur Modellierung der mittleren Verweilzeit von Grundwässern herangezogen werden. Da Niederschlagswässer, welche vor Beginn der Kernwaffentests infiltrierten, heute aufgrund des radioaktiven Zerfalls tritiumfrei sind, gibt die Abwesenheit von Tritium in einer Grundwasserprobe sofort einen Hinweis auf deren Mindestalter.

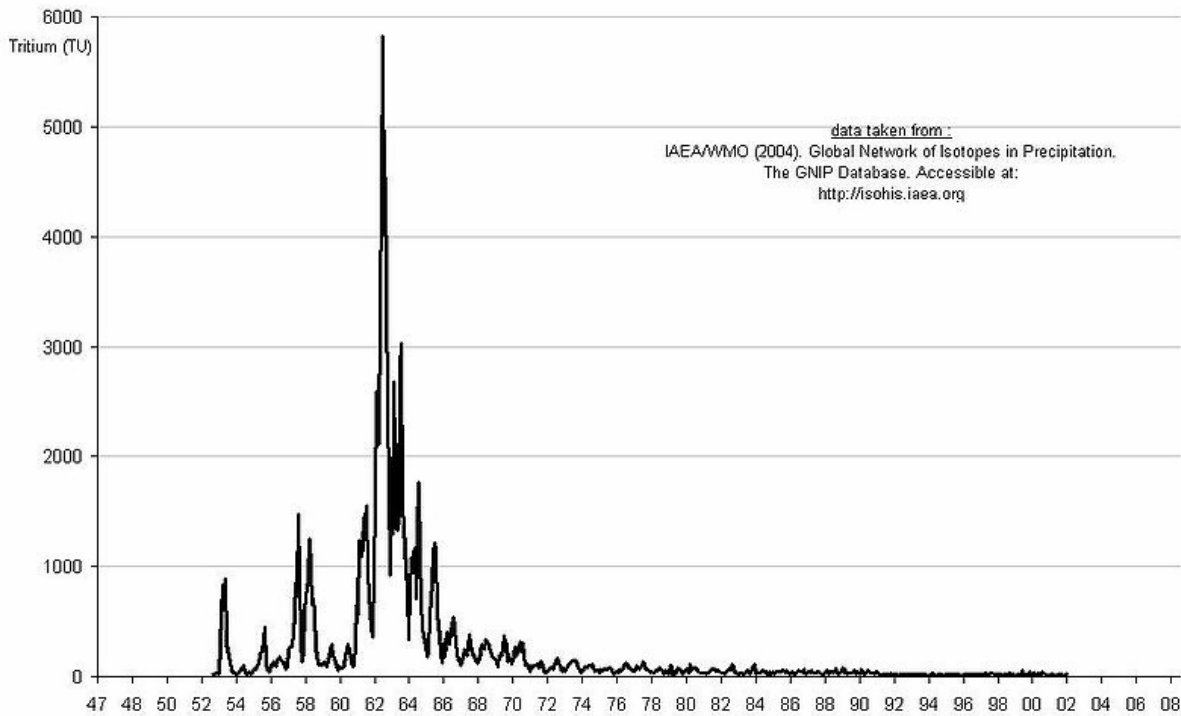


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Tritiumkonzentration im Niederschlag von Ottawa/Kanada
(Quelle: www.wikipedia.de)

Die Modellierung der mittleren Verweilzeit des Grundwassers auf Grundlage von Tritiumwerten (am besten eignen sich Tritiumzeitreihen) benötigt als Eingangsparameter die möglichst exakte zeitliche Entwicklung der Tritiumkonzentration im Niederschlag. Durch die Internationale Atomenergiebehörde in Wien (IAEA, International Atomic Energy Agency) wird seit 1961 ein weltweites Netz an Niederschlagsmessstationen auf- und ausgebaut (GNIP, Global Network of Isotopes in Precipitation). An den in diesen Stationen gesammelten Niederschlägen werden neben anderen Parametern auch monatliche Mittelwerte der Tritiumkonzentration bestimmt. Diese Daten werden durch die IAEA im Internet kostenlos zur Verfügung gestellt (http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/IHS_resources_isohis.html).

Die Probennahme für Tritium ist unkompliziert. Für eine Messung werden ca. 500 ml Probe benötigt (besser 1 l für evt. Nachmessungen), welche ohne weitere Zusätze in eine Glasflasche abgefüllt werden. Eine Kühlung ist ebenfalls nicht erforderlich.

Tritium-Helium-Methode ($^3\text{H}/^3\text{He}$)

Wie bereits erwähnt, zerfällt das radioaktive Wasserstoffisotop Tritium mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren zum stabilen, seltenen Heliumisotop ^3He . Helium besitzt zwei stabile Isotope: ^3He und ^4He .

Im Gegensatz zu Tritium, welches als Teil des Wassermoleküls selbst ($^3\text{H}^1\text{HO}$) an der Grundwasserströmung teilnimmt, handelt es sich bei Helium um ein Edelgas, welches physikalisch gelöst mit dem Grundwasser transportiert wird.

Die Löslichkeit von Gasen im Wasser wird allgemein durch das Henry-Gesetz beschrieben, welches besagt, dass die Konzentration eines Gases in einer Flüssigkeit bei konstanter Temperatur direkt proportional zum Partialdruck des entsprechenden Gases über der Flüssigkeit ist. Da Helium in der Erdatmosphäre mit einem Anteil von 5.24 ppmv (parts per million by volume; 0.000524 Vol%) vorhanden ist (mit einem Verhältnis von $^3\text{He}/^4\text{He}$ von $1,384 \cdot 10^{-6}$), besitzt das infiltrierende Niederschlagswasser bereits einen gewissen Anteil an gelöstem ^3He . Aufgrund der geringen Löslichkeit und des hohen Diffusionskoeffizienten von He in Wasser wird die Heliumkonzentration im Sickerwasser durch die Heliumkonzentration der Bodenluft kontrolliert. Da der diffusive Transport von Helium in der Bodenluft wesentlich schneller abläuft als der advective Transport des Sickerwassers, besitzt die Bodenluft die gleiche isotopische Zusammensetzung hinsichtlich Helium wie die Atmosphäre. Als Konsequenz aus diesen Tatsachen resultiert die effektive Entfernung des während der Passage der ungesättigten Zone durch den Tritiumzerfall gebildeten ^3He in die Atmosphäre. Die $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Uhr startet somit erst nach Erreichen

des Grundwasserspiegels und der Isolation des Wassers von der Gasphase. $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Datierungen liefern also Informationen über die Verweilzeiten in der gesättigten Zone. Die bei der Messung einer Grundwasserprobe bestimmte ^3He -Konzentration stellt die Summe aus atmosphärischen ^3He (Gleichgewichtslösung), aus dem Tritiumzerfall stammendem ^3He sowie weiterer, hier nicht näher beschriebener ^3He -Quellen dar (z. B. „excess air“, Mantelhelium). Für die Ermittlung eines Grundwasseralters muss der Anteil des ^3He , welcher aus dem Tritiumzerfall stammt, sorgfältig von den übrigen Anteilen separiert werden.

Ist dies geschehen, lässt sich ein $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Alter auf Grundlage des radioaktiven Zerfallsgesetzes berechnen:

$$t = \lambda^{-1} \ln \left(\frac{{}^3\text{He}_{\text{tri}}}{{}^3\text{H}} + 1 \right)$$

mit: t ... $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Alter

λ ... Zerfallskonstante von ^3H

${}^3\text{He}_{\text{tri}}$... aus Tritiumzerfall stammendes ^3He

${}^3\text{H}$... Tritium

Dieses so ermittelte $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Alter muss jedoch zunächst nur als eine erste Abschätzung angesehen werden, da hierbei vorausgesetzt wird, dass die Umwelttracerkonzentration in der Wasserprobe nicht durch Mischungsvorgänge innerhalb des Aquifers bzw. während der Probennahme selbst beeinflusst ist. Die Voraussetzungen für ein solches Verhalten sind jedoch nur selten gegeben. Im Allgemeinen erfordert die Ermittlung eines Grundwasseralters (d. h. einer mittleren Verweilzeit), wie oben bereits erwähnt, die Berücksichtigung einer Altershäufigkeitsverteilung in der Wasserprobe.

Zur He-Isotopenanalyse wird ein Kupferrohr mit ca. 40 ml Grundwasser gefüllt. Die Befüllung des Rohres muss blasenfrei stattfinden. Zur Kontrolle wird deshalb das Wasser von der Pumpe durch einen transparenten Schlauch an das Rohr geführt. Letzteres wird dann vom Wasser durchströmt, wobei mittels einer Klemme auf der Auslassseite der Durchfluss verringert werden kann (Druckerhöhung). Dies verringert die Gefahr des Ausgasens. Der Verschluss des Rohres erfolgt mittels Klemmen. Eine solche Probe kann mehrere Jahre gelagert werden. Einen Eindruck über die Technik der He-Isotopen-Probennahme vermittelt ein von der IAEA erstelltes Video (beginnend bei 18 min 50 sec Lauflänge) unter:

http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_video_waterSampling.html

CFC (FCKW)

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW, engl.: Chlorofluorocarbons = CFC) sind volatile, synthetische Verbindungen, deren kommerzielle Produktion in den 1930er-Jahren begann. Bei den zum Zwecke der Grundwasserdatierung genutzten CFC handelt es sich um folgende drei Verbindungen:

- CFC-11 : CFCl_3 ; Produktion ab 1936 ; ca. 7,7 Mill. t bis Ende der 1980er-Jahre
- CFC-12 : CF_2Cl_2 ; Produktion ab 1930 ; ca. 10,2 Mill. t bis Ende der 1980er-Jahre
- CFC-113: $\text{CFCl}_2\text{-CF}_2\text{Cl}$; Produktion ab 1944 ; ca. 2,4 Mill. t bis Ende der 1980er-Jahre

CFC-11 und CFC-12 fanden hauptsächlich Einsatz in der Kälte- und Klimatechnik, als Treibgas in Sprühdosen sowie als Treibmittel für Isolierungs- und Verpackungsmaterialien. Die Haupteinsatzgebiete von CFC-113 waren die Elektronikindustrie sowie die Kältetechnik.

Durch die weit verbreitete Nutzung der genannten CFC kam es etwa im Zeitraum zwischen 1945 und 2000 zu einem kontinuierlichen Anstieg der atmosphärischen Gehalte der CFC. Die erreichten Konzentrationen bewegten sich dabei in der Größenordnung zwischen 100 und 500 pptv (pptv = parts per trillion by volume, d. h. z. B. $100 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}^3$) (vgl. Abbildung 3). Nachdem man ab Mitte der 1970er-Jahre die Gefährlichkeit der CFC für die Ozonschicht erkannt hatte, wurden 1987 im sog. Montreal-Protokoll sowie in späteren weiteren internationalen Vereinbarungen zunächst die weltweite Limitierung und anschließend die vollständige Einstellung der CFC-Produktion beschlossen. Dies führte dazu, dass, wie in Abbildung 2 zu sehen, seit etwa Mitte der 1990er-Jahre die Konzentration der CFC in der Atmosphäre stagniert bzw. rückläufig ist. Mitte der 1970er-Jahre begann der Aufbau eines systematischen Monitoringprogramms der Erdatmosphäre durch globale Netzwerke wie ALE/GAGE/AGAGE (Atmospheric Lifetime Experiment/Global Atmospheric Gases Experiment/Advanced GAGE) bzw. die

NOAA (**N**ational **O**ceanic and **A**tmospheric **A**dministration [USA]). Da für frühere Zeiträume keine Messwerte vorliegen, wurden für die Rekonstruktion der Inputfunktionen die atmosphärischen Gehalte aus Daten industrieller Produktionsmengen abgeleitet. Werte der atmosphärischen Konzentrationen der CFC (sowie für SF₆, vgl. Kap. 2.4) für den Zeitraum 1940 bis 2006 finden sich z. B. im Anhang II in PLUMMER et al. 2006.

Die Datierung von Grundwasser mit Hilfe der CFC basiert auf der zeitlichen Variabilität der atmosphärischen Konzentrationen sowie auf der genauen Kenntnis der Temperatur-, Druck- und Salinitätsabhängigkeiten der Gleichgewichtslöslichkeitskonstanten (Henry-Konstanten) der CFC für Wasser. Damit ist es möglich, die zeitliche Entwicklung der CFC-Konzentrationen im neu gebildeten Grundwasser (bei Erreichen der Grundwasseroberfläche) zu rekonstruieren. Für 10 °C und 1.013,25 hPa ergeben sich für die Jahrtausendwende Konzentrationen von etwa 100 bis 750 pg/kg (pg = Picogramm = 10⁻¹² Gramm).

Im Zusammenhang mit der Bestimmung des Grundwasseralters mit Hilfe von CFC auf der Basis zeitabhängiger Gleichgewichtskonzentrationen existieren eine Reihe von Effekten und Prozessen, welche zu einer Fehlbestimmung des Grundwasseralters führen können. In urbanen Regionen können die Konzentrationen an CFC in der Atmosphäre und somit auch der Bodenluft zum Zeitpunkt der Gleichgewichtseinstellung mit dem Sickerwasser zum Teil deutlich über den atmosphärischen Hintergrundwerten liegen. Ebenso können die im Grundwasser konservierten Gleichgewichtskonzentrationen - als Träger der Altersinformation - durch zusätzliche Einträge wie Sickerwässer aus Deponien und Abwasserkanälen, aber auch durch in den Untergrund infiltrierendes Flusswasser erhöht werden. Eine Verringerung der CFC-Konzentrationen, insbesondere für CFC-11, ist durch Abbau in anoxischen Milieus möglich. Da in der Regel jedoch eine simultane Bestimmung mehrerer CFC-Spezies erfolgt, kann u. a. durch die Betrachtung der Verhältnisse verschiedener CFC-Spezies ein zusätzlicher Eintrag (bzw. ein Abbau) erkannt werden. Die Auswertung der CFC-Spezies-Verhältnisse erlaubt auch in gewissem Umfang das Erkennen einer Zumischung alten, CFC-freien Wassers, da die Verhältnisse, anders als die Konzentrationen selbst, dadurch nicht beeinflusst werden.

Während der Probennahme ist jeglicher Kontakt der Probe mit der Atmosphäre zu vermeiden, da dies sofort zu einer Verfälschung der Konzentrationen führt. Dies kann zum Beispiel erreicht werden, indem die Probenflasche (Glas) in einen Metalleimer gestellt und die Zuleitung vom Brunnen auf den Boden der Probennahmeflasche platziert wird. Dadurch wird erreicht, dass zunächst die Flasche selbst und durch deren Überlaufen anschließend der Metalleimer gefüllt wird. Es empfiehlt sich, die Art und Technik der Probennahme, zu verwendende Materialien sowie die Probenlagerung und den Probentransport im Vorfeld mit dem analysierenden Spurenstofflabor genau abzuklären.

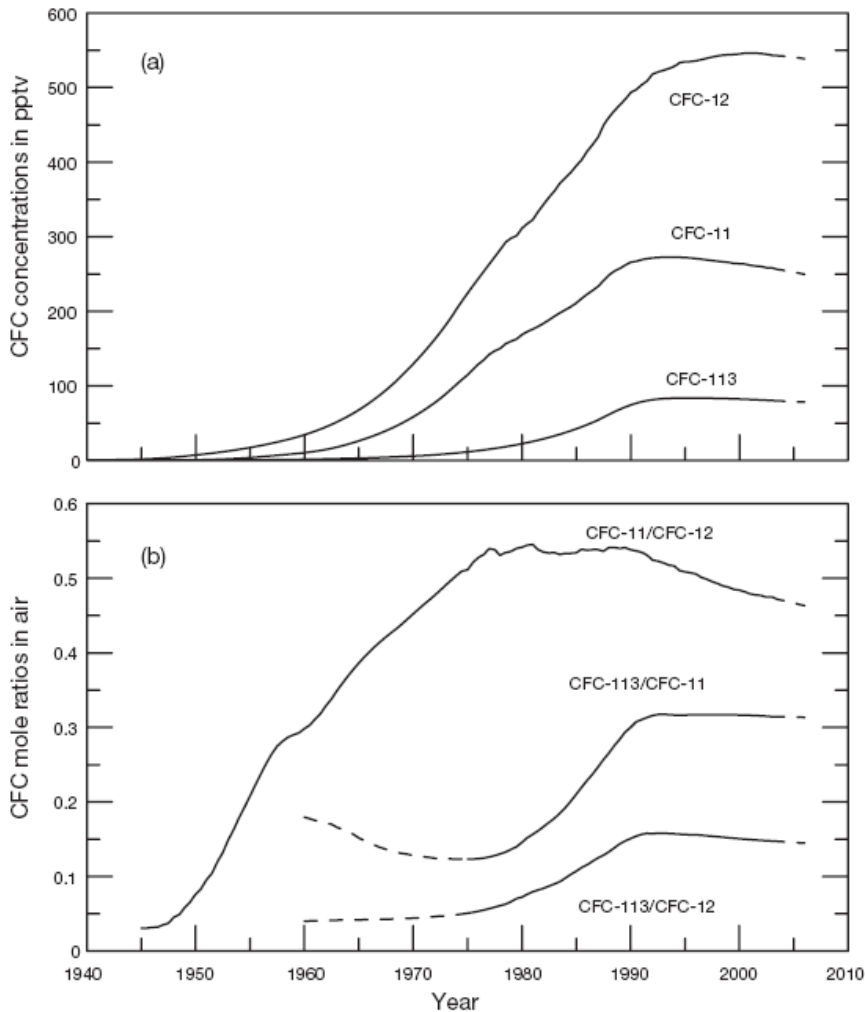


Abbildung 3: Historische Entwicklung der CFC in der Atmosphäre der nördlichen Hemisphäre: Konzentrationen von CFC-11, CFC-12 und CFC-113 in pptv Molverhältnisse: CFC-11 / CFC-12 , CFC-113 / CFC-11 und CFC-113 / CFC-12 (Quelle: PLUMMER et al. 2006)

Schwefelhexafluorid SF₆

Schwefelhexafluorid (SF₆) wird vor allem als Isoliergas in der Mittel- und Hochspannungstechnik eingesetzt. Mit der industriellen Produktion wurde 1953 begonnen. Die Konzentration von SF₆ in der Atmosphäre ist monoton wachsend (Abbildung 4). SF₆ eignet sich für Datierungen von Grundwässern, die seit 1970 neu gebildet wurden. Die Methodik basiert auf denselben Grundprinzipien wie die CFC-Datierungsmethode, d. h. man nutzt die zeitabhängige Veränderung der atmosphärischen Konzentration, die das neu gebildete Grundwasser durch Gleichgewichtslösung mit einem zeitabhängigen Signal versieht.

Da SF₆ insbesondere in magmatischen und metamorphen Gesteinen auch auf natürlichem Wege gebildet wird, ist eine Datierung ausschließlich auf Basis von SF₆-Daten nicht zu empfehlen.

Für die Probennahme zur Bestimmung von SF₆-Konzentrationen gelten dieselben Vorschriften wie für die CFC-Probennahme. Häufig werden die Konzentrationen von SF₆ und CFC-Spezies an ein und derselben Probe bestimmt.

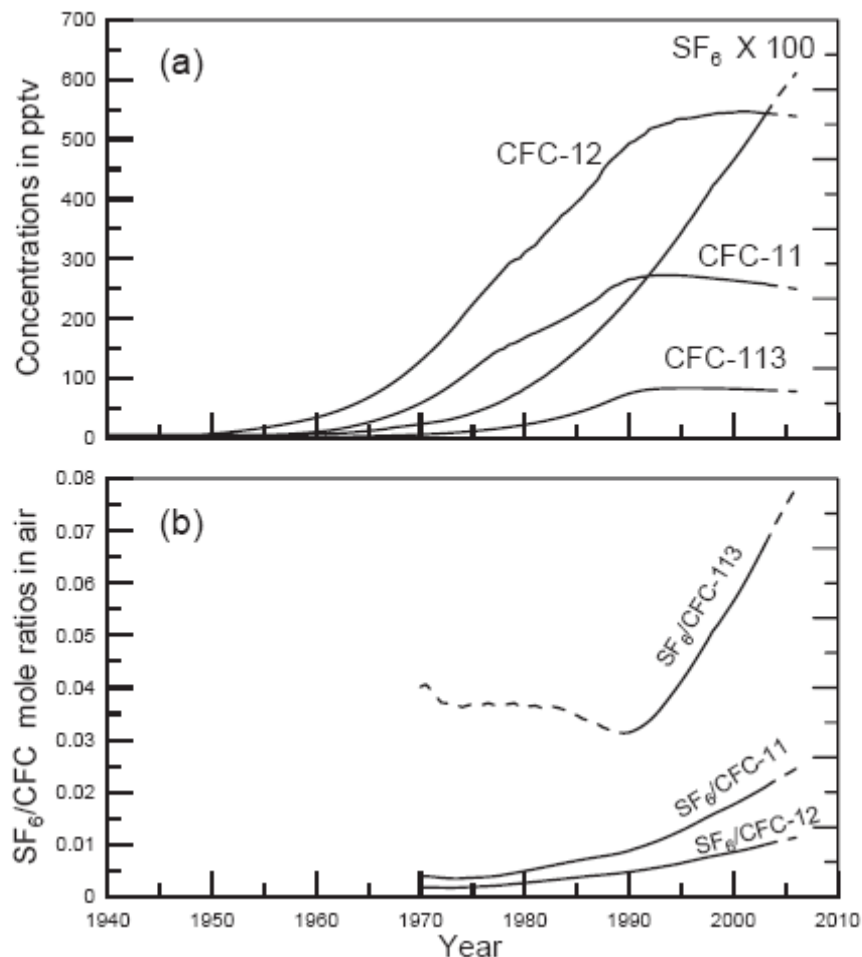


Abbildung 4: Historische Entwicklung der CFC und SF₆ in der Atmosphäre der nördlichen Hemisphäre: Konzentrationen der CFC und SF₆ in pptv (SF₆ multipliziert mit Faktor 100) Molverhältnisse: SF₆/CFC-12, SF₆/CFC-11 und SF₆/CFC-113 (Quelle: PLUMMER et al. 2006)

4.3 Literatur

CLARK, I. & FRITZ, P. (1997): Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press LLC. 352 S., Boca Raton; USA.

COOK, P.G. & HERCZEG, A.L. (2000): Environmental tracers in subsurface hydrology. Kluwer Academic Publishers. 529 S. Boston/Dordrecht/London.

NEWMAN B.D., OSENBRÜCK K., AESCHBACH-HERTIG W., SOLOMON D.K., COOK P., RÓZANŃSKI K., KIPFER R. (2010): Dating of 'young' groundwaters using environmental tracers: advantages, applications, and research needs. – In: Isotopes in Environmental and Health Studies. 2010 Sep; 46(3):259-78, London.

PLUMMER, L.N. & BUSENBERG, E. (2006): Use of Chlorofluorocarbons in Hydrology: A Guidebook. 277 S., IAEA, Wien.

[HTTP://WWW-PUB.IAEA.ORG/MTCD/PUBLICATIONS/PDF/PUB1238_WEB.PDF](http://www-pub.iaea.org/MTCD/PUBLICATIONS/PDF/PUB1238_WEB.PDF)

SÜLTENFUß, J. AND G. MASSMANN (2004), Datierung mit der 3He-Tritium-Methode am Beispiel der Uferfiltration im Oderbruch. In: Grundwasser, 9(4), 221-234.

IAEA: Startseite des IAEA Water Resources Programme mit zahlreichen frei verfügbaren Veröffentlichungen der IAEA:

<http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/index.html>

5 Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettige Alkylphenole – Modul 1

Antje Sohr - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Stefan Schönekerl – Technische Universität Dresden

Das Wissen um das Umweltverhalten kurzkettiger Alkylphenole ist noch lückenhaft, nimmt aber ständig zu. Nach einer Grundlagenstudie 2006 (Umweltbüro GmbH Vogtland, Büro Dr. Beerbalk, Technische Universität Dresden): „Umweltverhalten kurzkettiger Alkylphenole“ (Grundlagenstudie) und weiteren systematischen Untersuchungen in den folgenden Jahren wurde in dem Forschungsvorhaben der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz „Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettige Alkylphenole – Modul 1“ der derzeitige Stand des Wissens zur Problematik zusammengefasst. Auftragnehmer war die TU Dresden mit dem Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten. Die fachliche Betreuung erfolgt durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Das Modul 2 wurde 2010 beauftragt und beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung der Analytik der kurzkettigen Alkylphenole (und auch NSO-Heterocyclen). Auftragnehmer ist das TZW Karlsruhe zusammen mit der Universität Göttingen. Erste Ergebnisse sind 2011 zu erwarten.

Inhaltlich befasst sich das Modul 1 mit folgenden Bereichen:

- Stand der Wissenschaft und Technik zu Eigenschaften, Vorkommen und Verwendung, Abbau- und Sorptionsverhalten sowie Analytik
- Referenzstandorte (Holzimprägnierwerk, Gaswerk, zwei Kokereien) mit Charakterisierung des Vorkommens und der Beschreibung der Untersuchungen zu Alkylphenolen
- Charakterisierung des Abbauverhaltens
- Charakterisierung des Sorptionsverhaltens
- Zusammenfassende Monitoring- und Analyseempfehlungen und Ausblick

Im Folgenden werden die Kurzfassung und die zusammenfassenden Monitoring- und Analyseempfehlungen aus dem Projekt wiedergegeben. Der Gesamtbericht ist im Fachinformationssystem Altlasten über den Internetauftritt des LfULG verfügbar <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12499.htm>.

5.1 Kurzfassung

Kurzkettige Alkylphenole sind häufig an Standorten der carbochemischen Industrie nachzuweisen. Sie sind dabei Bestandteil von Nebenprodukten der Kohleveredelung oder werden gezielt als Grundstoffe für zahlreiche industrielle Anwendungen dargestellt. Bei der Beurteilung von Schadensfällen sind sie demgegenüber nur von nachrangiger Bedeutung und werden i. d. R. nur über den Summenparameter Phenolindex analysiert. Hierdurch ist eine Charakterisierung im Sinne einer Einschätzung des Umweltverhaltens einzelner Substanzen völlig unmöglich. Mit der nachstehenden Studie wurde dieses Problem angegangen. In erster Instanz erfolgte eine Sichtung der bisher erschienenen Literatur im Hinblick auf das Vorkommen, das Abbaupotenzial, das Sorptionsvermögen, die Toxizität und die Möglichkeiten zur Analytik der Einzelsubstanzen. Mit dem zweiten Teilbereich dieser Studie wurden anhand von vier Referenzstandorten der carbochemischen Industrie das Vorkommen und die Verbreitung im Feld sowie mittels Mikrokosmen- und On-site-Experimenten die Abbaubarkeit unter verschiedenen Redoxmilieus untersucht. Zusätzlich erfolgte im Labormaßstab die Bestimmung des Sorptionspotenzials bei unterschiedlichen Eigenschaften von fester und mobiler Phase.

Die Ergebnisse dieser Studie belegen im Endeffekt, dass die kurzkettigen Alkylphenole beinahe immer in vergesellschafteter Form mit anderen organischen Schadstoffen vorliegen. Die Relevanz der kurzkettigen Alkylphenole im Vergleich zu klassischen Parametern wie beispielsweise BTEX und PAK ist jedoch sehr stark von der Art der Kontamination abhängig. Bei reinen Teerschadensfällen sind die kurzkettigen Alkylphenole nur von geringer Bedeutung. An Kokereistandorten mit Entphenolungsanlagen bzw. Phenoltanklagern, bei denen es zu einer Kontamination des Untergrundes gekommen ist, nehmen sie dagegen eine herausragende Stellung ein. Infolge der vergleichsweise hohen Wasserlöslichkeit können einzelne Substanzen in Schadherdnähe in Konzentrationen von zum Teil mit mehr als 100 mg/l nachgewiesen werden.

Da kurzkettige Alkylphenole kaum am Standortsedimenten sorbieren (sofern es kein Ton ist), können sie sich nahezu ungehindert ausbreiten. Lediglich der mikrobielle Abbau wirkt dem entgegen. Hierbei werden insbesondere Phenol und die Methylphenole relativ gut abgebaut. Demgegenüber ist insbesondere der Abbau der 2,6-methylierten Phenole ein Problem, da der initiale Angriff der Monooxygenase in ortho-Stellung zur Hydroxylgruppe durch die sterische Blockade nicht erfolgen kann. Damit sind diese Substanzen uneingeschränkt als kritische Substanzen einzustufen. Hinzu kämen noch die anderen kurzkettigen Alkylphenole, sofern deren Konzentrationen deutlich über 10 mg/l (pro Einzelsubstanz) liegen. Hierdurch ist die toxische Wirkung der Alkylphenole auf die Mikroorganismen offenbar so groß, dass es zu einer Behinderung des Abbaus kommt. Der Abbau kann erst dann erfolgen, wenn eine Verdünnung das Konzentrationsniveau deutlich senkt. Trotzdem markieren die kurzkettigen Alkylphenole häufig nicht die Fahnen Spitze. Zwar breiten sich insbesondere 2,6-Dimethylphenol, 2,3,6-Trimethylphenol, 2,4,6-Trimethylphenol und auch das 3,5-Dimethylphenol (wegen des höheren Quellenanteils) sehr weit aus, jedoch scheinen zumeist Benzol, Acenaphthen und Benzo[b]thiophen die noch mobileren Aromaten zu sein. Als Alternative zum mikrobiellen Abbau hat sich zum Teil auch der abiotische Abbau als wirksame Schadstoffsenke herausgestellt. Durch eine Zugabe von Wasserstoffperoxid konnten bei Anwesenheit von Fe(II) zumindest 2,4-Dimethylphenol, 2,5-Dimethylphenol, 2,6-Dimethylphenol und 2,3,5-Trimethylphenol infolge der Fenton's-Reaktionen wirksam eliminiert werden.

Insgesamt gesehen, reiht sich das Umweltverhalten der meisten kurzkettigen Alkylphenole in das der bekannteren BTEX-Aromaten, PAK und NSO-Heterozyklen ein. Dennoch empfiehlt sich eine Abkehr vom Phenolindex hin zu GC-MS-basierenden Analyseverfahren. Es zeigte sich durch diese Studie, dass insbesondere die di- und trimethylierten Alkylphenole und davon insbesondere die 2,6-methylierten ein hohes Migrationspotenzial aufweisen. Vor allem im Hinblick auf eine etwaige Sanierung eines Standortes sollte man diese Charakteristiken kennen und die Strategie entsprechend darauf abstimmen.

5.2 Zusammenfassende Monitoring- und Analyseempfehlungen und Ausblick

Die Auswertung der Literatur und die eigenen Untersuchungen an den vier Referenzstandorten haben die prinzipielle Relevanz der kurzkettigen Alkylphenole für Beurteilung von Altlasten mit carbochemischen Hintergrund belegt.

Die Tabelle 1 liefert hierzu eine kurze Zusammenfassung der bisher gewonnenen Erkenntnisse. Demnach treten die kurzkettigen Alkylphenole in der Regel immer mit anderen organischen Kontaminanten in vergesellschafteter Form auf. Inwieweit dabei die kurzkettigen Alkylphenole eine herausragende Stellung einnehmen, hängt in erster Linie von der Nutzungshistorie bzw. von den potenziellen Quellen der Grundwasserkontamination ab. Am bedeutsamsten sind sie an den Standorten, wo die kurzkettigen Alkylphenole gezielt produziert, gelagert und verarbeitet wurden. Hierbei kommen am ehesten alte Kokereien und Betriebe, die Phenolharze u. a. herstellten, in Betracht. An Standorten, an denen aber ausschließlich Teere als ungenutzte Produktionsrückstände vergraben wurden, spielen sie im Vergleich zu mehrkernigen Aromaten nur eine untergeordnete Rolle. Demzufolge besteht nicht immer das Erfordernis, eine carbochemisch geprägte Altlast auf die in diesem Bericht aufgeführten 18 Einzelsubstanzen untersuchen zu lassen.

Einen guten Anhaltspunkt für eine etwaige Relevanz liefern die bekannten Parameter Phenolindex und DOC. Sollte der Phenolindex in den Proben aus der Schadherdnähe deutlich höhere Werte als 0,2 mg/l anzeigen und das Phenolindex-DOC-Verhältnis einen Wert von 0,2 signifikant überschreiten, gebietet sich die Einzelstoffanalytik. Obwohl es noch keine endgültige DIN-Vorschrift hierfür gibt, können alkylphenolhaltige Flüssigproben relativ problemlos mithilfe der Flüssig-flüssig-Extraktion mit Derivatisierungsschritt (oder der SPME-Methode) aufgearbeitet und mit nachfolgender gaschromatografischer Trennung und MS-Detektion analysiert und quantifiziert werden.

Nach den veröffentlichten Literaturstellen und den Untersuchungen am Standort zufolge, scheint sich die größte Relevanz auf die folgenden Substanzen zu beschränken: Phenol, Methylphenole, Dimethylphenole, Trimethylphenole, Ethylphenole, Propylphenole. Daneben besteht die Möglichkeit, noch weitere Propyl- und Isopropylphenole in die Analytik einzubeziehen, obwohl sich nach Auswertung der Daten der vier Referenzstandorte keine Notwendigkeit hierfür ergibt. Die strukturähnlichen Methoxyphenole waren auch - zumindest an den vier Referenzstandorten - ohne Belang. Die Sachlage könnte sich jedoch an Standorten der Papierherstellung aufgrund des Vorkommens in Hölzern (KJÄLLSTRAND et al. 2000) anders darstellen. Von den 18 hier analysierten Substanzen haben vor allem die Di- und Trimethylphenole die größte Bedeutung für die carbochemisch geprägten Altlasten. Dies ist mit dem Nachweis an allen vier Standorten, der relativ weiten Ausbreitung im Feld, der vermutlich hohen Ökotoxizität, der niedrigen Sorption an Standortsedimenten und - im Falle der 2,6-methylierten Vertreter - mit der sehr schlechten Abbaubarkeit zu begründen. Das Phenol und die Methylphenole kommen zwar in den Hauptschadensbereichen mitunter in wesentlich höheren Konzentrationen vor und werden ebenso wenig retardiert, jedoch haben sie aufgrund der relativ guten mikrobiologischen Abbaubarkeit unter aeroben und anaeroben Bedingungen verhältnismäßig kurze Fahnenlängen. Die Ethylphenole nehmen zwischen diesen Gruppen in allen Belangen eine Mittelstellung ein und sind somit noch als relevant einzustufen, wogegen die Propylphenole wegen der stets nachgewiesenen wesentlich geringeren Konzentrationsniveaus keine große Bedeutung besitzen.

Bei den Stoffeigenschaften sind die Sorptions- und Abbaudaten (auch mit diesem Vorhaben) gut untersucht. Hier gibt es derzeit keinen Bedarf an weiteren Untersuchungen. Das Wissensdefizit zu den toxikologischen Daten ist demgegenüber wesentlich. Für alle hier betrachteten Alkylphenole (beginnend mit den Dimethylphenolen) und prägnante Stoffgemische ist in weiteren Vorhaben die Ökotoxizität systematisch zu untersuchen (siehe auch Kapitel 2.1 im Originalbericht). Auch die Daten zur Humantoxizität sind defizitär.

Große Wissensdefizite gibt es auch noch zu den Metaboliten der kurzkettigen Alkylphenole. Die meisten Derivate des Catechols und des Hydrochinons sind prinzipiell abbaubar, jedoch sind nach einer Studie von HOLLENDER et al. (1995) zufolge auch stabile Intermediate bei der Transformation kurzkettiger Alkylphenole aufgetreten. Wie auch bei den kurzkettigen Alkylphenolen selbst gibt es nur wenig Anhaltspunkte über die Toxizität derartiger Produkte. Daher ist eine verbindliche Ableitung von z. B. Prüfwerten noch offen.

Des Weiteren existieren noch sehr große Wissenslücken im Bezug auf das Umweltverhalten in Oberflächengewässern und anderen Umweltkompartimenten. Beispielsweise gibt es noch keine verfügbaren Daten zum Vorkommen und zur Verbreitung dieser Substanzen in fließenden oder stehenden Gewässern nach punktuellen Einleitstellen oder systematisch zusammengestellte Daten, woraus sich die Bedeutung von diffusen Quellen ableiten ließe. Insgesamt fehlen hierzu auch Daten von kurzkettigen Alkylphenolen in Böden und Sedimenten, wenngleich diese organischen Schadstoffe wegen der geringen Sorptionsneigung nicht zur Akkumulation neigen sollten. Im Übrigen bestehen noch große Kenntnisdefizite über die Mobilität dieser Substanzen in der Atmosphäre. Somit leitet sich die Notwendigkeit weiterer wissenschaftlicher Forschung zu dieser Stoffgruppe eindeutig ab.

Tabelle 1: Zusammenfassende Bewertung des Umweltverhaltens von Phenol und der kurzkettigen Alkylphenole anhand der erhobenen Daten der vier Referenzstandorte

	Vorkommen in den Sekundärquellbereichen	Ausbreitung im Feld	Sorption am Sediment	Abbaubarkeit	Bewertung
Phenol	bei reinen Teer- und Teerölquellen unbedeutend liegen Schäden an Phenolanlagen vor, sind hohe Konzentrationen in der Wasserphase möglich (> 100 mg/l)	i. d. R. weniger 100 m	ist bei sandigen Aquiferen irrelevant	aerob und anaerob bis zu einem Konzentrationsniveau von 100 µg/l sehr gut, darüber mäßige, ab 10 mg/l schlechte Abbaubarkeit	bedingt relevant
Methylphenole	wie Phenol	wie Phenol	ist bei sandigen Aquiferen irrelevant	im Prinzip wie Phenol Abbaubarkeit: Phenol ≈ 4-MP > 3-MP > 2-MP	bedingt relevant
Dimethylphenole	bei reinen Teer- und Teerölquellen treten sie im Vergleich zu Phenol und den Methylphenolen in höheren Konzentrationen auf bei Schäden an Phenolanlagen >10 mg/l je Isomer möglich die Konzentrationen aller Isomere liegen zumeist auf dem Niveau der BTEX-Aromaten	deutlich größer als die des Phenols und der MP Das 2,6- und 3,5-Isomer migrieren mehrere 100 m und markieren mitunter die Fahnen spitze	Sehr geringe Sorption (<< Benzol) ist bei sandigen Aquiferen nahezu irrelevant	aerob gut (2,6-Isomer mäßig bis schlecht) anaerob bis zu einem Konzentrationsniveau 1 mg/l gut abbaubar (außer 2,6-Isomer), darüber mäßig bis schlecht Abbaubarkeit: MP ≥ 2,4-DMP > 2,5-DMP ≈ 3,5-DMP > [...] > 2,6-DMP	relevant (2,6- und 3,5-Isomer sehr relevant)
Trimethylphenole	die Konzentrationen der Trimethylphenole sind zumeist geringer als die der Dimethylphenole das 2,3,5-Isomer tritt im Vgl. zu den anderen Isomeren i. d. R. in höchsten Konzentrationen auf das 3,4,5-Isomer ist bedeutungslos	mit Ausnahme des 3,4,5-Isomers markieren i. d. R. die Trimethylphenole mit einigen Heterozyklen die Fahnen spitze	geringe Sorption (< Benzol) ist bei sandigen Aquiferen kaum relevant geringfügig stärkere Sorption im alkalischen Bereich	aerob gut bis mäßig, die 2,6-Isomere zumeist schlecht nur das 2,3,5-Isomer ist anaerob bis zu einem Konzentrationsniveau von 100 µg/l gut bis mäßig abbaubar, im Übrigen schlecht abbaubar Abbaubarkeit: 3,4-DMP ≥ 2,3,5-TMP > 2,3,6-TMP ≈ 2,4,6-TMP	sehr relevant (3,4,5-Isomer irrelevant)
Ethylphenole	die Konzentrationen der Ethylphenole liegen zumeist zwischen oder auf dem Niveau der Di- und Trimethylphenole	i. d. R. gilt für die Ausbreitung im Feld: MP < EP < DMP	analog zu den Dimethylphenolen	bis zu einem Konzentrationsniveau von 100 µg/l aerob und anaerob gut abbaubar, darüber mäßig bis schlecht Abbaubarkeit: 2,5-DMP ≈ 3-EP ≈ 4-EP > 2EP	relevant
Propylphenole	im Vergleich zu den anderen Alkylphenolen relativ bedeutungslos	ähnlich wie Phenol und Methylphenole	analog zu den Trimethylphenolen	aerob und anaerob gut bis mäßig (< 100 µg/l) Abbaubarkeit: 2,3,5-TMP ≈ 4-PP > 4-IPP	irrelevant

6 Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Sachsen in von Punktquellen beeinflussten Grundwasserkörpern

Dr. Anna-Katharina Böhm, Sabine Grühne - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

6.1 Einleitung

Im Jahr 2000 ist in der EU die „RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, kurz die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)“ in Kraft getreten. Übergeordnetes Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines europäischen „Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers, zwecks“: (a) Vermeidung der weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme; (b) Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf Basis der vorhandenen Ressourcen; (c) Anstreben eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt; (d) Sicherstellung der schrittweisen Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung seiner weiteren Verschmutzung; (e) Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren (Artikel 1, WRRL). Eine weitere Untersetzung im Bereich Grundwasser erfuhr die WRRL durch die „RICHTLINIE 2006/118/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung“, die auch als Grundwasser-Tochtrichtlinie (GWTRL) bezeichnet wird. Da Grundwasser eine „wertvolle, natürliche Ressource“ darstellt, ist es vor Verschlechterung und chemischer Verunreinigung zu schützen. Demzufolge sind nachteilige Konzentrationen von Schadstoffen zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern (GWTRL). In diesem Zusammenhang müssen auch die Einflüsse von Punktquellen (PQ), auf den chemischen Zustand des Grundwassers betrachtet und beurteilt werden, da sie häufig starke Kontaminationen verursachen. Im Kontext dieses Artikels und bezogen auf das Grundwasser werden unter PQ im Folgenden Altlasten und altlastverdächtige Flächen verstanden.

Für die Bewertung des Grundwassers wird als räumliche Bewertungseinheit der „Grundwasserkörper“ (GWK) herangezogen, der ein „abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter“ darstellt (Artikel 2, WRRL). Die Bewertung des chemischen Zustandes des GWK erfolgt anhand der durch die GWTRL vorgegebenen Grundwasserqualitätsnormen (UQN) für Nitrat und Pestizide (Tabelle 1) sowie anhand der von den Mitgliedsstaaten eigenständig festgelegten Schwellenwerte für Schadstoffe (Tabelle 1) nach Anhang II der GWTRL. Diese Schadstoffe umfassen sowohl die Mindestliste des Anhangs II als auch regional belastungsrelevante Schadparameter.

Die abschließende Einstufung eines GWK in den guten oder schlechten Zustand bezüglich eines Schadparameters beruht auf dem prozentualen Flächenanteil (Flächenkriterium), den der Schadparameter bei Überschreitung der UQN/des Schwellenwertes am GWK einnimmt. Dieser Flächenanteil wird über die Interpolation von Messwerten des jeweiligen Schadstoffes, die in den Überwachungsmessnetzen der WRRL erfasst werden, bestimmt. Nach den Empfehlungen der LAWA (2007) ist ein GWK im schlechten chemischen Zustand, wenn

- die UQN/der Schwellenwert auf einer zusammenhängenden Fläche von $\geq 25 \text{ km}^2$ (unabhängig von der absoluten Größe des GWK) überschritten wird oder
- bei GWK $< 75 \text{ km}^2$ die UQN/der Schwellenwert auf 1/3 bzw. $\geq 33 \%$ der Gesamtfläche überschritten wird oder
- bei GWK mit Belastungen/Gefährdungen durch PQ, die kleiner als 250 km^2 sind, die UQN/der Schwellenwert auf 10 % der Gesamtfläche überschritten wird.

Tabelle 1: Umweltqualitätsnormen des Anhangs I und Schwellenwerte nach Anhang II der Richtlinie 2006/118/EG (Mindestliste und belastungsrelevante Parameter (PQ) in Sachsen)

	Umweltqualitätsnorm	Schwellenwert
Nitrat	50 mg·l ⁻¹	
Pestizide (Summe)	0,5 µg·l ⁻¹	
Arsen		10 µg·l ⁻¹ *
Cadmium		0,5 µg·l ⁻¹ *
Blei		7 µg·l ⁻¹ *
Quecksilber		0,2 µg·l ⁻¹ *
Ammonium		0,5 mg·l ⁻¹ *
Chlorid		250 mg·l ⁻¹ *
Sulfat		240 mg·l ⁻¹ *
Tri- und Tetrachlorethen (Summe)		10 µg·l ⁻¹ *
BTEX (Summe)		20 µg·l ⁻¹ #
PAK (Summe, EPA ohne Naphthalin & Methylnaphthaline)		0,2 µg·l ⁻¹ *
Naphthalin & Methylnaphthaline		1 µg·l ⁻¹ *

*...Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA; #...Prüfwert der Bundesbodenschutzverordnung

Hinsichtlich der Umsetzung der WRRL wurde die Bewertung der GWK zum Ende des Jahres 2009 abgeschlossen und im Hintergrunddokument „Bericht über die sächsischen Beiträge zu den Bewirtschaftungsplänen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder“ (Bewirtschaftungsplan) veröffentlicht. Die Ergebnisse der Bewertung der sächsischen GWK in Bezug auf Punktquellen werden im Folgenden dargestellt.

6.2 Grundwasserkörper im schlechten Zustand auf Grund von Punktquellen

Insgesamt wurden für Sachsen 83 GWK ausgewiesen, von denen sich 51 vollständig und 32 nur teilweise auf sächsischem Gebiet befinden (Abbildung 1).

Die Bewertung der GWK im Allgemeinen und damit auch im Hinblick auf die PQ wurde in vier Stufen umgesetzt. Zunächst erfolgte im Rahmen der „Erstbewertung“ eine erste Risikoabschätzung hinsichtlich Punktquellen. Dafür wurden aus dem

Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) die PQ mit einem Bezug zum Grundwasser, der sich aus einer Bearbeitungsstufe ergab, selektiert. In der Folge wurden diese PQ mit einer konzentrischen Fläche von 1 km² umgeben und im GIS (Geografisches Informationssystem) miteinander sowie mit den Flächen der GWK verschnitten. Bedeckten die so gebildeten Flächen 33 % oder mehr der Gesamtfläche eines GWK, so bestand das Risiko einer Gefährdung durch PQ.

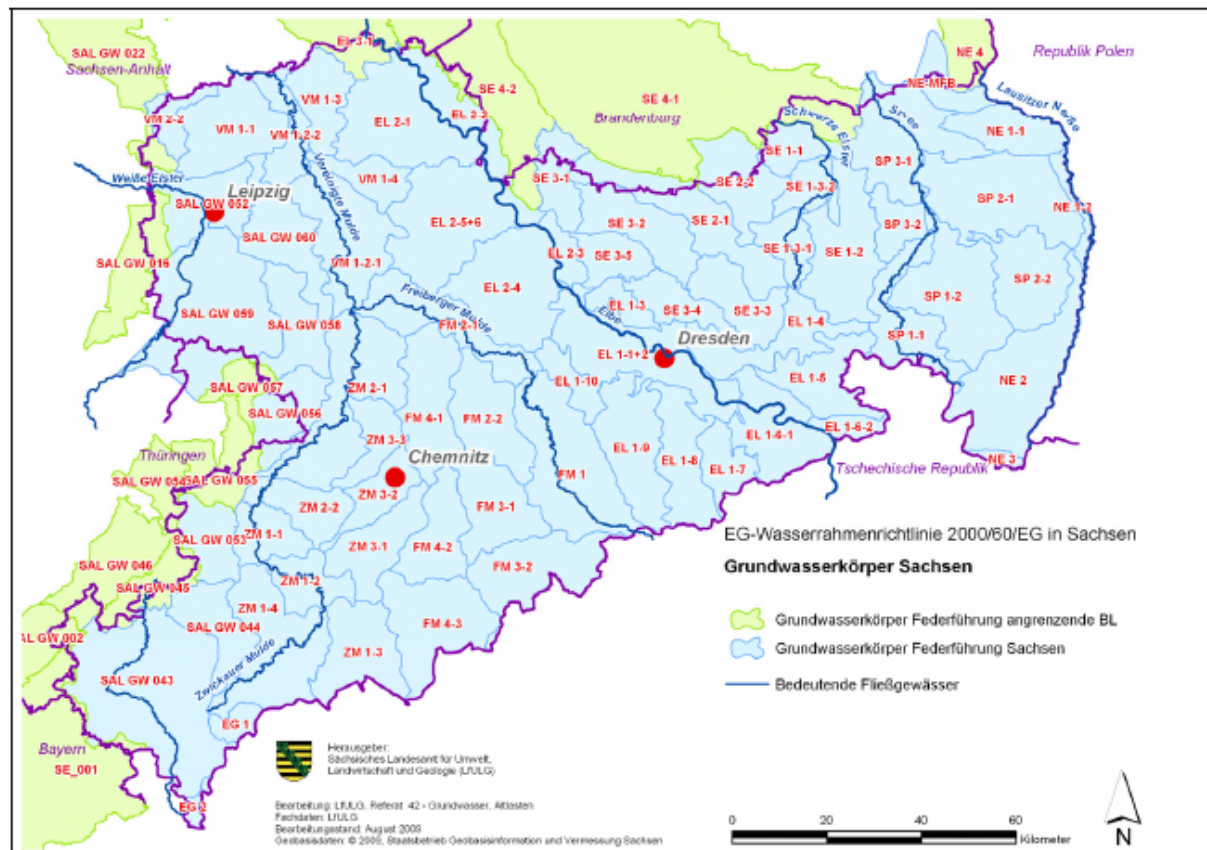


Abbildung 1: Lage und Grenzen der 83 sächsischen Grundwasserkörper (Quelle: LfULG 2009a)

In der zweiten Stufe der „Weitergehenden Bewertung“ wurden nur die in der ersten Stufe als risikobehaftet identifizierten GWK vertieft betrachtet. Dazu wurden vielfältige Informationen unter Einbindung der damaligen Staatlichen Umweltfachämter (StUFÄ) bzw. der Umweltfachbereiche (UFB) herangezogen. Zu den ausgewerteten Informationen zählten unter anderem Daten zu Fahnenflächen, Schadstoffspektren, Daten aus dem Hochwasserprojekt der Stadt Dresden (BMBF¹) sowie aus dem staatlichen Messnetz und Sondermessnetzen der StUFÄ/ UFB.

Im dritten Schritt erfolgte in den Risiko-GWK der Aufbau des Operativen Messnetzes Punktquellen (OMP), wobei die Auswahl der Grundwassermessstellen aus den bestehenden Messnetzen – Landesmessnetz und Sondermessnetze der UFB – getroffen wurde. In Abbildung 2 ist das OMP in den PQ-GWK dargestellt.

¹ BMBF-Forschungsprojekt: „Auswirkungen der August-Hochwasser-Ereignisse 2002 auf die Tal - Grundwasserleiter im Raum Dresden – Lösungsansätze und Handlungsempfehlungen.“ – Förderkennzeichen: 0330493, Laufzeit: 01.10.2002-31.10.2004.

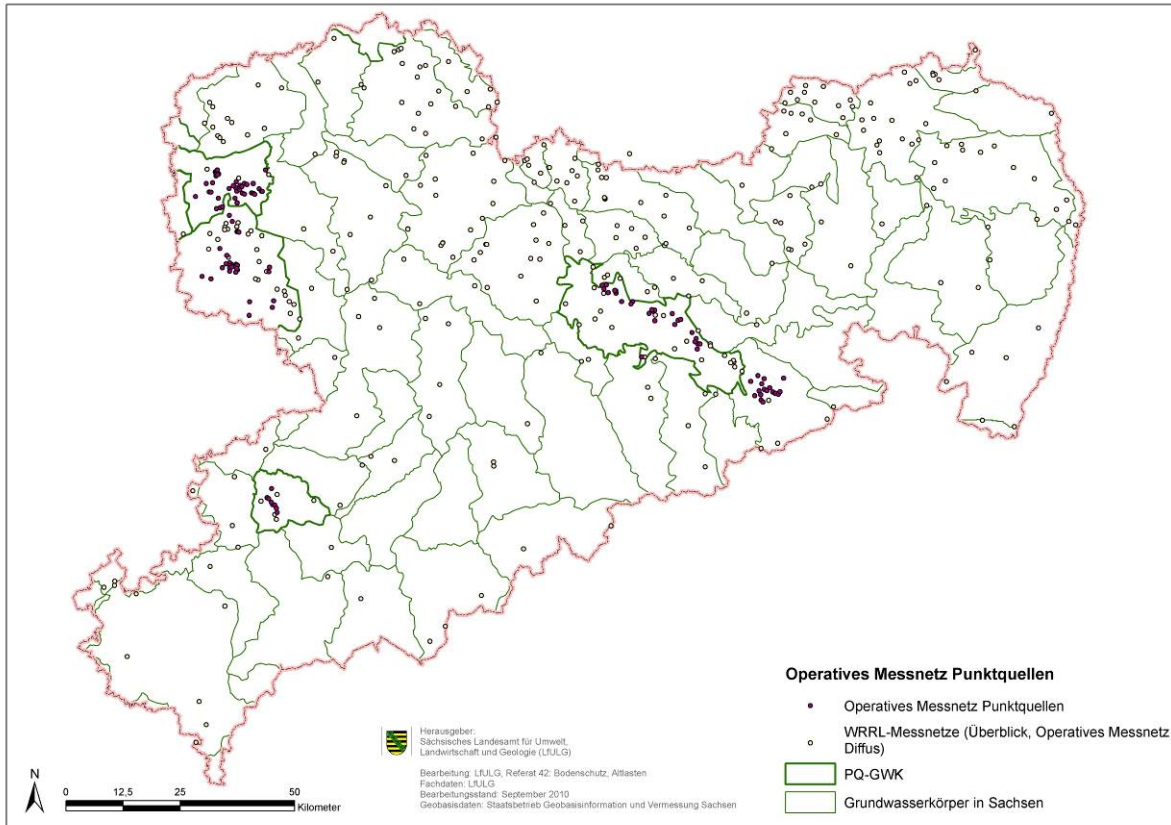


Abbildung 2: WRRL-Messnetze (Blau) und Operatives Messnetz Punktquellen (Lila) in Sachsen

Im vierten und letzten Schritt erfolgte die endgültige Bewertung der potenziell durch PQ gefährdeten GWK auf Basis der Messdaten aus dem OMP. Die Interpolation der Daten in die Fläche wurde in Sachsen für PQ-Belastungen mittels Thiessen-Regionalisierung umgesetzt. Die Bewertung wurde für jeden Schadparameter separat durchgeführt.

Abschließend ergaben sich für Sachsen die in Tabelle 2 aufgeführten GWK auf Grund von PQ für folgende Schadstoffe im schlechten chemischen Zustand:

Tabelle 2: Grundwasserkörper im schlechten Zustand auf Grund von Punktquellen

GWK		Schadstoffe
EL 1-1+2:	Elbe	LHKW (Tri + Per)
ZM 1-1:	Zwickau	LHKW (Tri + Per)
SAL GW 052:	Großraum Leipzig	LHKW (Tri + Per)
SAL GW 059:	Weißelsterbecken mit Bergbaueinfluss	LHKW (Tri + Per), BTEX, PAK

Da der nach WRRL geforderte gute Zustand (Beschaffenheit) in diesen GWK bis 2015 nicht zu erreichen ist, wurden für die GWK EL 1-1+2; ZM 1-1 und SAL GW 052 die Ausnahmeregelung der Fristverlängerung und für den GWK SAL GW 059 zusätzlich die weniger strengen Umweltziele zur Anwendung gebracht (vgl. WRRL, Artikel 4: Umweltziele, Abs. 4 & 5). Die Ausnahmetatbestände wurden herangezogen, da abzusehen war, dass innerhalb der ersten Bewirtschaftungsperiode (bis 2015) der gute Zustand durch Sanierungsaktivitäten nicht zu erreichen ist.

Im Folgenden sollen am Beispiel der beiden Vertreter der LHKW Tri- und Tetrachlorethen die genannten GWK in Bezug auf das Flächenkriterium (Tabelle 3) näher charakterisiert werden.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Flächen der Grundwasserkörper mit den Flächen der Überschreitung des Schwellenwertes für Tri- und Tetrachlorethen (Thiessen-Regionalisierung)

GWK	GWK-Fläche [km ²]	Kontaminationsfläche [km ²]	Flächenanteil [%]
EL 1-1+2	483	193,4	40
ZM 1-1	156	17,8	12
SAL GW 052	256	110,5	43
SAL GW 059	520	78,2	15

Wie in der Tabelle dargestellt, erfüllen die GWK entweder die 25 km²- oder die 10 %-Regel. Im Vergleich der GWK ist die belastete Fläche im GWK „Zwickau“ im Verhältnis zu seiner Gesamtfläche relativ klein und liegt nur knapp über dem Schwellenwert von 10 %. Auch beim GWK SAL GW 059 liegt der Wert für den prozentualen Flächenanteil nur geringfügig über dem 10 %-Merkmal, der absolute Wert liegt jedoch deutlich oberhalb der 25 km².

Mit Blick auf Gesamtsachsen ist ersichtlich, dass erwartungsgemäß die durch PQ belasteten GWK diejenigen im Bereich städtischer Agglomerationsräume sind. Dabei sind die größten städtischen Ballungsgebiete Dresden und Leipzig stärker betroffen als das kleinere Zwickau.

6.3 Umsetzung der WRRL-Maßnahme 21: Reduzierung punktueller Stoffeinträge aus Altlasten ins Grundwasser

Maßnahmen

Zentral für die Umsetzung der WRRL ist die Durchführung von Maßnahmen mit dem Ziel, einen guten Zustand der Gewässer zu erreichen. Innerhalb des Maßnahmenprogramms, welches Teil des Bewirtschaftungsplans einer Flussgebietseinheit ist, werden den im schlechten Zustand befindlichen GWK auf einer sehr allgemeinen Ebene Maßnahmen zur Zustandsverbesserung zugeordnet. Dabei handelt es sich nicht um standortbezogene Einzelmaßnahmen, sondern um Maßnahmenkategorien (nach Beschluss der 134. Vollversammlung der LAWA vom 01.02.2008).

Den PQ-belasteten GWK wurde die Maßnahmenkategorie 21 „Maßnahmen zur Reduzierung punktueller Stoffeinträge aus Altlasten“ zugeordnet. Dieser Kategorie können die folgenden Maßnahmentypen nach Anhang 6, Teil B der WRRL zugeordnet werden (LFULG 2009 B):

Sanierungsvorhaben; Wirtschaftliche oder Steuerliche Instrumente; Aushandlung von Umweltübereinkommen; Emissionsbegrenzungen; Verhaltenskodizes für die gute Praxis; andere relevante Maßnahmen. Im Regelfall wird es sich bei den Maßnahmen um Sanierungsmaßnahmen im Rahmen der systematischen Altlastenbehandlung oder um Monitored Natural Attenuation (MNA)² handeln (LFULG 2009b), da für die Umsetzung der WRRL keine zusätzlichen finanziellen Mittel durch die EU zur Verfügung gestellt werden.

Um eine einheitliche Vorgehensweise bei der Maßnahmenumsetzung in den durch PQ belasteten GWK zu gewährleisten, wurde zum 18.12.2010 die „Verwaltungsanleitung Altlasten zur Umsetzung des Maßnahmenprogramms zur

² Monitored Natural Attenuation...Überwachte Selbstreinigung

Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (WRRL) im Freistaat Sachsen“ erlassen. Im Folgenden soll diese Arbeitsweise vorgestellt werden.

6.4 Selektion WRRL-relevanter Altlasten und altlastverdächtigter Flächen (PQ)

Um hinsichtlich der Maßnahmenumsetzung eine effektive Arbeit zu ermöglichen, bestand der erste Schritt darin, die für den jeweiligen GWK im Kontext der WRRL belastungsrelevanten PQ aus der Vielzahl der Altlasten und altlastverdächtigen Flächen zu selektieren. Dafür wurde zunächst durch das LfULG eine Abfrage im SALKA durchgeführt, in deren Ergebnis alle Altlasten/altlastverdächtigen Flächen ermittelt wurden, die einen Eintrag zur Gefährdung des Grundwassers in einer oder mehreren Bearbeitungsstufen (FEB, HE, OU, DU, SU, SAN³) aufwiesen. In der weiteren Bearbeitung wurden allerdings nur die Standorte ab dem Bearbeitungsstand „HE abgeschlossen“ berücksichtigt sowie die Teilflächen mit Handlungsbedarf „Belassen“ oder „Ausscheiden“ ausgeschlossen. Im Folgenden konnten die selektierten Standorte als Punktshape im Arc Gis mit den relevanten GWK (EL1-1+2; ZM1-1; SAL GW 052, SAL GW 059) verschnitten werden. Beispielhaft ist dies für den GWK EL1-1+2 in Abbildung 3 dargestellt.

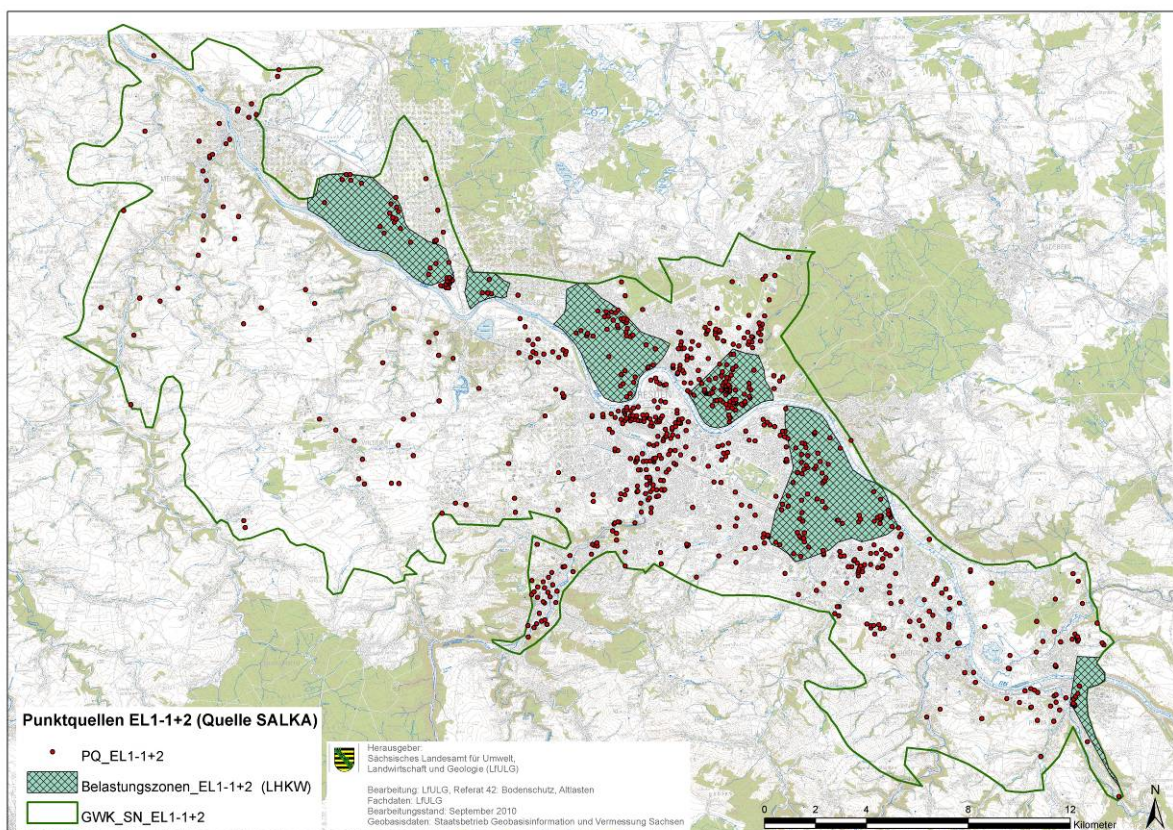


Abbildung 3: Potenziell Grundwasser relevante Punktquellen der SALKA-Abfrage im GWK EL 1-1+2

Um für die jeweiligen GWK entsprechend ihrer Belastungsparameter (Tabelle 2) eine erste Abschätzung der relevanten Punktquellen vornehmen zu können, wurden die folgenden Anhaltspunkte herangezogen:

³ FEB...Formale Erstbewertung; HE...Historische Erkundung; OU...Orientierende Untersuchung; DU...Detailuntersuchung; SU...Sanierungsuntersuchung; SAN...Sanierung

- Lage innerhalb der LHKW-Belastungszonen: Diese wurden im Rahmen des Hochwasserprojektes für den Raum Dresden (EL 1-1+2) durch Zuarbeit der Landesdirektion Leipzig (SAL GW 052 und SAL GW 059) sowie mittels Daten der Landesdirektion Chemnitz für den GWK ZM 1-1 und Berichten zu MOST-Standorten (Altlastenmodellstandort) erarbeitet.
- Altlasten/altlastverdächtige Flächen aus der Meldung der ehemaligen Staatlichen Umweltfachämter von 2004: Im Rahmen der Erst- und Weiterführenden Bewertung wurden die Altlasten und altlastverdächtigen Flächen gemeldet, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit einen Einfluss auf die Beschaffenheit der GWK haben.
- Den im SALKA selektierten Standorten von 2009/10 wurden die Branchen und Abfallarten zugeordnet, da diese stets ein bestimmtes Schadstoffspektrum repräsentieren (MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG 1988). Das Branchen- und Abfallartenkriterium war eines der wichtigsten für die Bewertung der Relevanz der selektierten PQ.

Somit konnten die selektierten PQ in einer ersten Abschätzung durch das LfULG als für die WRRL relevant oder nicht relevant eingestuft werden. In der Folge wurden die Informationen zu den PQ – AKZ, Bezeichnung, Lage, Branche/Abfallart, Belastungszone, WRRL-Relevanz, Bearbeitungsstand, Handlungsbedarf, Gefährdung Schutzgut Grundwasser – in Tabellen für die betroffenen GWK zusammengestellt und den Unteren Wasser- bzw. Bodenschutzbehörden übergeben. Diese wurden aufgefordert, auf der Grundlage der übergebenen Tabellen sowie mit den bei ihnen vorliegenden Ortskenntnissen die WRRL-relevanten PQ auszuwählen und hinsichtlich der im SALKA vorliegenden Informationen zu komplettieren und zu aktualisieren (siehe nächster Abschnitt).

6.5 Datenerfassung zu den WRRL-relevanten Punktquellen

Die weitere Bearbeitung der als WRRL-relevant bestimmten PQ orientiert sich vor allem an den Vorgaben für die Berichterstattung an die EU. Dafür sind drei Aspekte maßgebend:

(i) Flächenkriterium

Um die Gesamtbelastung des GWK anhand der standortspezifischen Schadstoffausbreitung beurteilen zu können, sollen für die relevanten PQ Fahnenflächen bestimmt werden. Die Fahnenflächen wurden entweder im Rahmen der Altlastenbehandlung ermittelt oder werden anhand einer einfachen Methode berechnet. Über die Summenbildung aller Fahnenflächen (Überlappungen werden nur einfach berücksichtigt) kann beurteilt werden, ob im jeweiligen GWK das Flächenkriterium unter- oder überschritten wird (s. Einleitung).

(ii) Maßnahmen

Da die Umsetzung von Maßnahmen den zentralen Aspekt innerhalb der Bewirtschaftungszeiträume darstellt, sollen bezüglich PQ die im Rahmen der Altlastensanierung durchgeführten und geplanten Maßnahmen erfasst werden. Dabei handelt es sich um konkrete Einzelmaßnahmen in Abhängigkeit der Bedingungen und Eigenschaften des jeweiligen Standortes.

(iii) Trendbetrachtung

Die Beobachtung der Trends der Schadstoffkonzentrationen bzw. deren Umkehrung ist durch die WRRL vorgeschrieben (Artikel 4: Umweltziele). Daher ist es wichtig, die im Rahmen der Altlastensanierung errichteten Grundwassermessstellen neben den für die WRRL installierten Messnetzen mit in das Monitoring der Grundwasserbeschaffenheit bezüglich PQ einzubeziehen.

Um die Bearbeitung der relevanten PQ möglichst effektiv zu gestalten, wurde im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) im Sommer dieses Jahres das neue Formular „WRRL-Daten“ implementiert. Mit diesem Formular können die Daten strukturiert erfasst werden. Darüber hinaus können auch die Informationen, die bereits regelmäßig mit der Altlastenbearbeitung im SALKA eingetragen werden, für die Berichterstattung herangezogen werden.

Die WRRL-Daten werden teilflächenbezogen im SALKA eingetragen. Zunächst wird im Teilflächenformular die Relevanz bezüglich der WRRL bestätigt sowie das betroffene Schutzgut (Grundwasser/Oberflächenwasser) markiert.

Mit dieser Markierung werden die Unterformulare des WRRL-Formulars aktiv, in denen folgende Daten erfasst werden:

Unterformular	Inhalte
Daten: Zuordnung zum Wasserkörper	Bezeichnung des betroffenen Grundwasserkörpers (GWK) bzw. Oberflächenwasserkörpers (OWK), Bemerkungen
Schadstoffverbreitung: Daten zu Schadstofffahnen im Grundwasser	Parameter, für den die Schadstofffahne ermittelt wurde Datum der Ermittlung Ausbreitung der Schadstofffahne (Länge, Breite, Fläche) Qualität der Ermittlung (Nachgewiesen, Abschätzung)
GW- Messstelle: Daten zu Grundwassermessstellen im Abstrom der Teil- bzw. der Gesamtfläche	Bezeichnung der Messstelle (intern oder wie in GCI/GMS), Lage der Messstelle (Koordinaten)
Geplante Maßnahmen: Geplante Maßnahmen zur Sanierung oder Überwachung der Teilfläche	Art der Maßnahme (Sanierungsuntersuchung, Sanierung, Überwachung), geplanter Beginn/geplantes Ende der Maßnahme soweit aus durchgeführter Sanierungsuntersuchung (SU) vorhanden Sanierungsmaßnahme, -ziel, erwartete Kosten (diese sind in der SU einzutragen)

Insbesondere bei der Erfassung der Geplanten Maßnahmen soll auf Standardeintragungen im SALKA zurückgegriffen werden. Die interessierenden Angaben sind in der Stufe der Sanierungsuntersuchung (SU) enthalten. Deshalb muss bei den WRRL-relevanten Teilflächen, bei denen bereits eine SU durchgeführt wurde, auf die vollständige Eintragung in den betreffenden Formularen Wert gelegt werden. Dazu muss mindestens eine Sanierungszone angelegt werden und für diese Angaben zum Sanierungsziel (verbal oder Parameterwert), zur geplanten Sanierungsmaßnahme (Dekontamination des Bodens, Dekontamination des Grundwassers, Umlagerung, Sicherungsmaßnahmen, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) und zu den voraussichtlichen Sanierungskosten gemacht werden.

Die in der Datenbank SALKA gesammelten Daten und Informationen zu den WRRL-relevanten PQ können, auf die GWK bezogen, ausgewertet bzw. mit weiteren Informationen z. B. aus den WRRL-Messnetzen verschnitten werden. Damit sind sowohl detaillierte Aussagen zu einzelnen PQ und Maßnahmen als auch zu deren gesamten Auswirkung auf den GWK möglich. Dazu können jederzeit die PQ-Daten über die SALKA-Funktionen Filter und Report in übersichtlicher Form (z.B. als Excel-Tabelle) aus SALKA exportiert werden. Insbesondere für die Berichterstattung an die EU werden die Daten aggregiert, sodass keine Einzelflächen mit Verortung gemeldet werden. Die zu meldenden Daten umfassen je GWK Anzahl der enthaltenen Altlastenteilflächen, Anzahl der durchgeführten und geplanten Maßnahmen, Gesamtschadstofffläche eines relevanten Parameters (UQN-/Schwellenwertüberschreitung) sowie Trendbetrachtungen.

6.6 Ausblick

Durch die eingehende Auseinandersetzung mit den Altlasten/altlastverdächtigen Flächen in den durch PQ belasteten GWK sollte eine Basis geschaffen werden, auf der die künftigen Arbeiten bei der Umsetzung der WRRL bezüglich PQ aufbauen können. Dabei bietet die zentrale Datenhaltung zu den WRRL-relevanten PQ im SALKA mehrere Vorteile:

- (i) die jährliche Fortschreibung der Daten ist einfach möglich;

- (ii) den Kommunen als Träger der Maßnahmen stehen detaillierte und leicht abrufbare Informationen für die Entscheidungsfindung zur Verfügung;
- (iii) das LfULG kann eine breite Datenbasis für Auswertungen, die Neubewertung der GWK zum Ende der ersten Bewirtschaftungsperiode 2015 sowie für die Berichterstattung an die EU heranziehen.

Im Weiteren sollte es möglich sein, das für die Umsetzung der WRRL etablierte Operative Messnetz PQ (OMP) anhand der als relevant identifizierten PQ neu zu justieren und somit eine optimierte Überwachung im Sinne der WRRL zu gewährleisten.

6.7 Literatur

LAWA-UMLAUFBESCHLUSS (2007): Verfahren für die Beurteilung des chemischen Zustandes nach Artikel 4 und Anhang III der Richtlinie 2006/118/EG.

LFULG (Hrsg.) (2009a): Neue Impulse für Sachsen. – „Bericht über die sächsischen Beiträge zu den Bewirtschaftungsplänen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder.“ – 191 S.

LFULG (Hrsg.) (2009b): Neue Impulse für Sachsen. Maßnahmen an sächsischen Wasserkörpern. – „Beiträge zu den Maßnahmenprogrammen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder.“ – 73 S.

MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1988): Altlasten – Handbuch; Teil 1: Altlasten – Bewertung. – 2. Auflage, Stuttgart, 128 S.

7 Statistische Auswertung SALKA-Zahlen 2010

Sabine Gruhne - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) werden die seit 1991 erhobenen Daten zu altlastverdächtigen Flächen, Altlasten und sanierten Altlasten gespeichert. Auf der Grundlage dieser Daten erfolgen die statistischen Auswertungen. Im Folgenden werden ausgewählte Zahlen vorgelegt, die auf dem Datenbestand April 2010 basieren.

7.1 Erfassung

Die im Kataster erfassten Flächen werden unterteilt in die Flächenarten Altstandorte, Altablagerungen und Militärische/Rüstungsaltlasten. Dabei werden Altablagerungen und Altstandorte entsprechend der Definition des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) unterschieden.

Die im Sächsischen Altlastenkataster vorgenommene Abgrenzung zu **Militärischen/Rüstungsaltlasten** ergibt sich zum einen aus der besonderen Zuständigkeit und zum anderen aus der speziellen Bearbeitung auf Grund der Art des Gefahrenpotenzials.

Die erfassten Flächen können in Teilflächen untergliedert werden. Die Notwendigkeit zur Untergliederung kann sich aus der Größe der Fläche (Erstreckung über mehrere Flurstücke mit unterschiedlichen Besitzern) oder aus der unterschiedlichen Belastung ergeben, sodass die Untersuchungen bzw. Sanierungen zeitlich differenziert oder fachlich voneinander unabhängig erfolgen. Die Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Flächen unterschieden nach der Flächenart in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten in ihrer Untergliederung in Teilflächen.

Tabelle 1: Anzahl der Flächen und Teilflächen in den Landkreisen und kreisfreien Städten Sachsens (4/2010)

Landkreis/kreisfreie Stadt	Anzahl der Flächen				Anzahl der Teilflächen			
	AA	AS	MR	Gesamt	AA	AS	MR	Gesamt
Chemnitz, Stadt	211	618	22	851	305	1117	52	1474
Erzgebirgskreis	589	1220	30	1839	617	1738	53	2408
Mittelsachsen	784	1269	30	2083	815	1593	50	2458
Vogtlandkreis	521	779	31	1331	534	1073	43	1650
Zwickau	525	1339	16	1880	557	1638	29	2224
Bautzen	1351	956	51	2358	1422	2151	264	3837
Dresden, Stadt	297	1313	24	1634	324	1567	101	1992

Landkreis/kreisfreie Stadt	Anzahl der Flächen				Anzahl der Teilflächen			
	AA	AS	MR	Gesamt	AA	AS	MR	Gesamt
Görlitz	831	1416	32	2279	849	2326	136	3311
Meißen	720	1289	55	2064	741	1878	483	3102
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	673	859	15	1547	683	1144	34	1861
Leipzig	655	1026	40	1721	701	1373	136	2210
Leipzig, Stadt	213	1595	24	1832	232	2602	155	2989
Nordsachsen	581	614	62	1257	599	944	146	1689
Direktionsbezirk Chemnitz	2630	5225	129	7984	2828	7159	227	10214
Direktionsbezirk Dresden	3872	5833	177	9882	4019	9066	1018	14103
Direktionsbezirk Leipzig	1449	3235	126	4810	1532	4919	437	6888
Freistaat Sachsen	7951	14293	432	22676	8379	21144	1682	31205

7.2 Bearbeitungsstand und Handlungsbedarf

Die Bearbeitung der erfassten Verdachtsflächen erfolgt stufenweise entsprechend den Bearbeitungsstufen nach Bundesbodenschutzgesetz. Diese sind:

- Erfassung - Formale Erstbewertung (FEB) und Historische Erkundung (HE)
- Orientierende Untersuchung (OU)
- Detailuntersuchung (DU)
- Sanierungsuntersuchung (SU)
- Sanierung (San)

Im Ergebnis jeder Untersuchungsstufe wird für die untersuchte (Teil-)Fläche der weitere Handlungsbedarf festgelegt. Hier wird unterschieden nach:

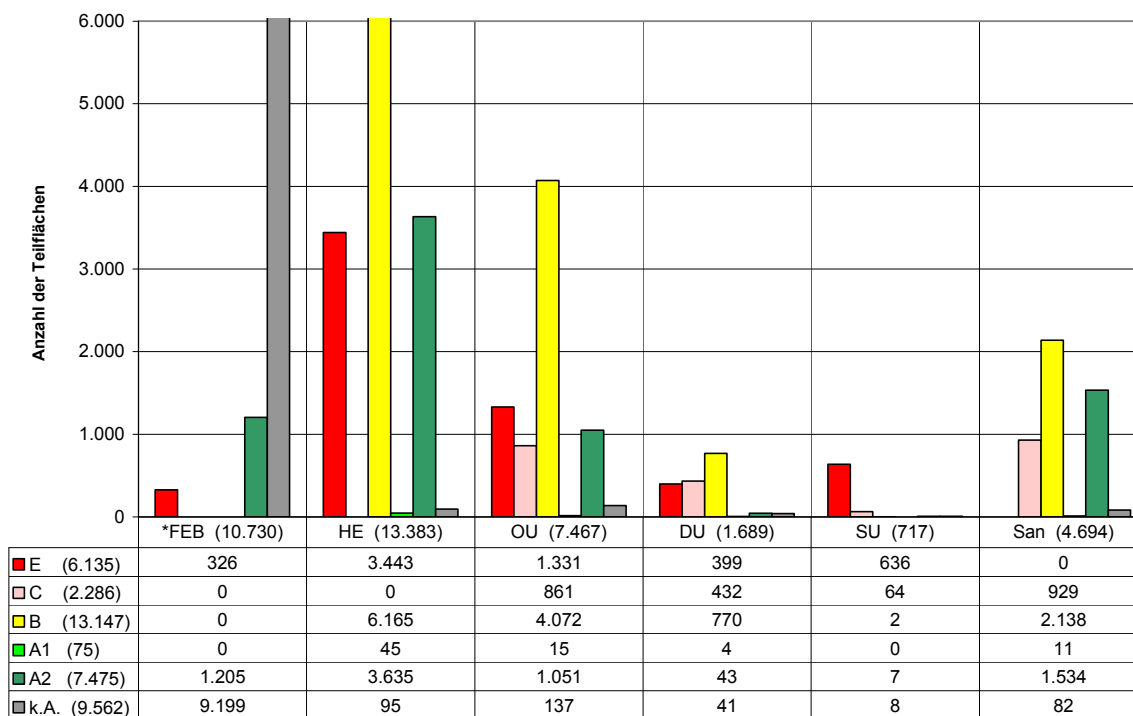
- A Es besteht kein Altlastverdacht (Ausscheiden der Fläche aus der Bearbeitung).
- B Bei der derzeitigen Nutzung ist keine Gefährdung vorhanden (Belassen).
- C Die Fläche ist zu überwachen (Überwachung/Nachsorge).
- E Die Fläche wird weiterbehandelt (Erkunden, Sanieren).

Sind die Ergebnisse einer Untersuchungsstufe nicht im Kataster eingetragen, so kann auch keine Angabe zum Handlungsbedarf erfolgen. Automatisch wird der Eintrag

■ k. A. (noch) keine Angabe zum Handlungsbedarf

vorgenommen.

Eine zusammenfassende Übersicht über die Bearbeitungsstände und den festgestellten Handlungsbedarf für ganz Sachsen zeigt die folgende Abbildung. Es wurde aktuell für 6.135 Teilflächen weiterer Erkundungs- bzw. Sanierungsbedarf festgestellt. Eine Überwachung von Schutzgütern ist auf 2.286 Teilflächen notwendig.



* die FEB dient der Priorisierung, es erfolgt noch keine Angabe zum Handlungsbedarf, A1: noch im aktiven Datenbestand, A2: bereits archiviert

Abbildung 1: Bearbeitungsstand und Handlungsbedarf der Teilflächen in Sachsen, alle Flächenarten (4/2010)

7.3 Kategorisierung entsprechend dem Bearbeitungsfortschritt

Bei der Erfassung einer Fläche besteht zunächst der Verdacht einer Altlast (**altlastverdächtige Fläche**). Bestätigt sich der Anfangsverdacht nicht, kann die Fläche der Kategorie **keine Altlast/altlastverdächtige Fläche** zugeordnet und archiviert werden. Wird als Ergebnis der stufenweisen Gefährdungsabschätzung ein Sanierungsbedarf festgestellt, wird die Fläche als **Altlast** eingestuft. Nach der Sanierung, die meist nutzungsbezogen erfolgt, wird die Fläche als **sanierter Altlast** geführt. Nur wenn die Sanierung für die sensibelste Nutzung erfolgt, kann die Fläche aus dem Altlastenkataster ausscheiden und archiviert werden. Flächen, auf denen auch nach der Sanierung noch ein Restrisiko besteht, bleiben im Datenbestand.

Die folgende Tabelle zeigt die Teilflächen der einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte in der Untergliederung nach den Kategorien.

Tabelle 2: Anzahl der Teilflächen in den Landkreisen und kreisfreien Städten Sachsens untergliedert nach Kategorie – mit Archiv (4/2010)

Landkreis/kreisfreie Stadt	ohne Archiv			Archiv ³			Summe
	ALVF	Altlast	sanierte Altlast ¹	keine Altlast ²	keine Altlast	sanierte Altlast	
Chemnitz, Stadt	1246	61	167	0	189	76	1739
Erzgebirgskreis	2091	93	220	4	567	116	3091
Mittelsachsen	2152	74	232	0	748	57	3263
Vogtlandkreis	1422	43	185	0	211	49	1910
Zwickau	1973	109	136	6	293	36	2553
Dresden, Stadt	1695	101	195	1	1032	310	3334
Bautzen	3181	138	518	0	228	68	4133
Görlitz	2850	121	339	1	344	73	3728
Meißen	2752	62	288	0	246	508	3856
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	1587	54	220	0	194	37	2092
Leipzig, Stadt	2692	88	209	0	731	112	3832
Leipzig	1821	120	269	0	810	52	3072
Nordsachsen	1473	36	180	0	347	41	2077
Direktionsbezirk Chemnitz	8884	380	940	10	2008	334	12556
Direktionsbezirk Dresden	12065	476	1560	2	2044	996	17143
Direktionsbezirk Leipzig	5986	244	658	0	1888	205	8981
Freistaat Sachsen	26935	1100	3158	12	5940	1535	38680

¹ nutzungsabhängige Sanierung, Restrisiko bei Nutzungsänderung

² kein Handlungsbedarf nach Gefährdungsabschätzung; nicht archiviert, da evtl. noch andere Teilflächen betroffen

³ kein Handlungsbedarf nach Gefährdungsabschätzung oder nutzungsunabhängige Sanierung

8 Funktionsprüfung und Untersuchung von Grundwassermessstellen für die Verdichtung der operativen Messnetze zur Überwachung der Schwermetallbelastung gemäß WRRL

Heiko Ihling - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Bertram Fritzsche - Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH Possendorf

8.1 Einleitung

Im Ergebnis der Bewertung des Zustandes der Grundwasserkörper (GWK) in Sachsen gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) auf der Grundlage einer Regionalisierung der Grundwasserbeschaffenheit im Jahr 2008 ergaben sich 10 GWK, bei denen ein schlechter chemischer Zustand infolge des Vorhandenseins von Arsen- und Schwermetallbelastungen zu verzeichnen ist.

Hauptproblemschadstoffe sind dabei Arsen sowie die Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber. Da die vorhandenen Messnetze zur Realisierung des operativen Monitorings für diffuse Stoffbelastungen (OMD) örtlich noch eine ungenügende Messstellendichte aufweisen, soll das aktuelle Vorhaben zum einen der Qualifizierung und Verifizierung der Datengrundlage zur Grundwassergüte insbesondere unter dem Aspekt Schwermetalle dienen und zum anderen eine Verbesserung des Messstellenbestandes im Rahmen des Ausbaus und der Verdichtung dieses operativen Messnetzes ermöglichen.

Die Ergebnisse der Feld- und Laborarbeiten sollen des Weiteren bei der Ableitung methodischer Grundlagen hinsichtlich der Monitoringprogramme unterstützen sowie zur Erarbeitung verhältnismäßiger Maßnahmenkonzepte im Sinne der EU-WRRL dienen.

In einem 1. Teil sollen die GWK EL 1-6-1 (Sandstein – Sächsische Kreide), EL 1-8 (Müglitz), EL 1-9 (Weißeritz), FM 1 (Obere Freiburger Mulde), ZM 1-3 (Schwarzwasser), ZM 1-4 (Eibenstock) und ZM 3-2 (Chemnitz-1) auf relevante Schwermetallbelastung untersucht werden. Die Grundwasseraufschlüsse befinden sich in den Direktionsbezirken Chemnitz und Dresden. Im Wesentlichen betroffen sind die Territorien der drei Landkreise Sächsische Schweiz-Osterzgebirge, Mittelsachsen und Erzgebirgskreis sowie die kreisfreie Stadt Chemnitz.

8.2 Durchgeführte Arbeiten an ausgewählten Grundwasseraufschlüssen

Das Vorhaben, welches durch das Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH aus Possendorf realisiert wurde, beinhaltete folgende Arbeiten:

- Sichtung und schrittweise Ergänzung einer vom LfULG erstellten Stammdatentabelle sowie Sichtung und tabellarische Einarbeitung der vom LfULG zu einigen Grundwasseraufschlüssen zusätzlich bereitgestellten Unterlagen,
- digitaler Datenabgleich mit dem UIS Sachsen (Programm UHYDRO),
- Nacherfassung fehlender Aufschlüsse bzw. Ergänzung des vorhandenen Datenbestandes im UIS Sachsen (Erfassungsprogramm UHYDRO),
- Funktionsprüfung der Grundwassermessstellen und Brunnen,
- Durchführung einer regelwerksgerechten Grundwasser-Pumpprobennahme,

- Erstellung von Messstellen-Dokumentationen, bestehend aus Messstellenpässen, Probennahmeprotokollen, Diagrammen zum zeitabhängigen Verlauf der Milieukennwerte während des Abpumpens sowie der im UHYDRO erfassten Schicht- und Ausbaudaten in Form von VISUAL-Ausdrucken.

8.3 Eignungsbewertung der untersuchten Grundwasseraufschlüsse

Von den untersuchten 80 Grundwasseraufschlüssen, die sich auf die sieben GWK verteilen, waren

- 17 Stück ungeeignet (nicht mehr vorhanden/zerstört, verstopft oder stark beschädigt, kein Unterwassermotorpumpen [UWMP]-Einbau möglich bzw. Zutritt verweigert).
- 21 Stück bedingt geeignet (unbekannter Messstellenausbau, GWM mit Kontaminationsindizien, geringe wassererfüllte Filterlänge, Wasserspiegellage im Filterbereich, starke Auflandungen auf der Messstellensohle, Standorte mit Problemen bezüglich Zutrittsberechtigung, Probennahme nur über bereits installierte Betriebstechnik möglich).
- 42 Stück prinzipiell ohne erhebliche Einschränkungen geeignet (Einzelfallentscheidung je nach vorgefundenen Schwermetallkonzentrationen und der Bedeutung für das geplante Monitoringnetz).

8.4 Bewertung der diffusen Schwermetallbelastung des Grundwassers bezogen auf die untersuchten Grundwasserkörper

GWK EL 1-6-1

Im Rahmen des Vorhabens wurden 10 Grundwasseraufschlüsse zur Untersuchung der Schwermetallbelastung aufgesucht. Von diesen erwiesen sich sechs Messstellen als geeignet sowie zwei als bedingt geeignet. An sechs der acht Messstellen ergaben die Grundwasserbeprobungen erhöhte Schwermetall- und/oder Arsengehalte.

Hierzu sind im Vergleich 11 früher beprobte Grundwasseraufschlüsse zu sehen, die keine Belastung durch Arsen und Schwermetalle zeigten. Somit kann nur von einer lokalen diffusen Schwermetallbelastung ausgegangen werden, währenddessen der gesamte GWK nicht als diffus belastet eingeschätzt wird.

Im Bereich nordwestlich des Königsteiner WISMUT-Bergbaureviers wurde an drei untersuchten Messstellen eine Belastung durch Nickel und Arsen festgestellt. Diese werden entsprechend der aktuellen Flutungswasserstände derzeit noch nicht durch den Uran-Altbergbau beeinflusst. Perspektivisch liegen diese Messstellen jedoch in der potenziellen nordwestlichen Abstromrichtung in Richtung Elbe. Mittelfristig ist somit eine punktuelle Beeinflussung sehr wahrscheinlich. Insofern kann eine Einbeziehung dieser Messstellen in das OMD-Messnetz nur als Übergangslösung dienen. Kurz- und mittelfristig müssen deshalb Ersatzmessstellen, vorzugsweise südlich des Königsteiner Revieres und damit in sowohl heutiger als auch langfristiger Anstromrichtung recherchiert werden.

Eine weitere kleinräumige Belastung durch Arsen und das Schwermetall Cadmium wurde im Bereich Pirna-Rottwerndorf festgestellt.

GWK EL 1-8

Von den vorausgewählten 15 Grundwassermessstellen erwiesen sich sieben als geeignet und fünf als bedingt geeignet, während drei Messstellen für eine Grundwasserbeprobung ungeeignet waren. Nachgewiesen wurden erhöhte Belastungen mit Aluminium, Arsen, Kupfer und Fluorid sowie an einer Messstelle mit Blei. Dabei sind am häufigsten die Kupfer- und Fluoridkonzentrationen erhöht. Erhebliche Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) treten nur an zwei Messstellen bezüglich des Parameters Arsen auf. Nennenswerte Cadmiumbelastungen mit Überschreitung des GFS-Wertes wurden grundsätzlich keine festgestellt.

Insgesamt wird aus den Untersuchungsergebnissen eine diffuse Belastung des zentralen Bereiches des GWK (Bereich zwischen Reinhardtsgrimma, Schmiedeberg und Lauenstein) durch die Schwermetalle Blei und Kupfer sowie das Halbmetall Arsen angezeigt. Im nördlichen und südlichsten Teil des GWK ergab die Datenrecherche ein Defizit an geeigneten Grundwasseraufschlüssen zur Untersuchung der Schwermetallbelastung.

GWK EL 1-9

Von den acht aufgesuchten Grundwasseraufschlüssen erwiesen sich vier Messstellen als geeignet sowie eine Messstelle als bedingt geeignet. Von den beprobaren fünf Messstellen wiesen vier erhöhte Schwermetall- und/oder Arsengehalte auf. Nachgewiesen wurden an drei der Messstellen erhöhte Belastungen mit Arsen, Cadmium und Kupfer. Hinzu kommt noch die gegen bedingt extrem belastete GWM KB-D-1 mit tlw. extremen Gehalten an Aluminium, Arsen, Blei und Kupfer sowie ebenfalls noch deutlich erhöhten Belastungen an Nickel und Fluorid.

Bezüglich der GWM KB-D-1, die innerhalb eines Quarzganges im Gneis verfiltert ist, ist anzunehmen, dass mit ihr zufällig eine relativ stark wasserführende, sehr mineralreiche und von Verwitterungsprozessen bereits stark beeinflusste Kluft im Grundgebirge bzw. ein entsprechend verwitterungsbeeinflusster Erzgang erbohrt wurde. Insofern handelt es sich um eine lokale geogen bedingte Standortbesonderheit, die im Rahmen der natürlich möglichen Randbedingungen einen Extremfall darstellt. Eventuelle Hochrechnungen auf den übrigen GWK auf Basis der Daten dieser Messstelle sind insofern sehr kritisch zu werten. Die Messstelle sollte dennoch weiter überwacht werden. Aus den Untersuchungsergebnissen lässt sich eine mögliche diffuse Belastung des Grundwassers im südöstlichen Bereich des GWK (Bereich zwischen Reinholdshain, Schmiedeberg und Bärenfels) ableiten. Im westlichen und südlichen Bereich des GWK ergab die bisherige Datenrecherche keine geeigneten Grundwasseraufschlüsse zur Untersuchung der Schwermetallbelastung.

GWK FM 1

Von den 24 zur Untersuchung der Schwermetallbelastung ausgewählten Grundwasseraufschlüssen erwiesen sich in technischer Hinsicht 12 Messstellen als geeignet sowie acht als bedingt geeignet. Von den beprobaren 20 Messstellen wiesen 15 erhöhte Schwermetall- und/oder Arsengehalte auf. Nachgewiesen wurden erhöhte Belastungen mit allen projektrelevanten Schwermetallen (außer Quecksilber) sowie mit Aluminium, Arsen, Antimon (hier nur eine Messstelle) und Fluorid. Erhebliche Überschreitungen des GFS-Wertes treten besonders oft bezüglich des Parameters Cadmium auf. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick zu den gemessenen Konzentrationen von Blei, Cadmium und Nickel an den untersuchten Grundwassermessstellen.

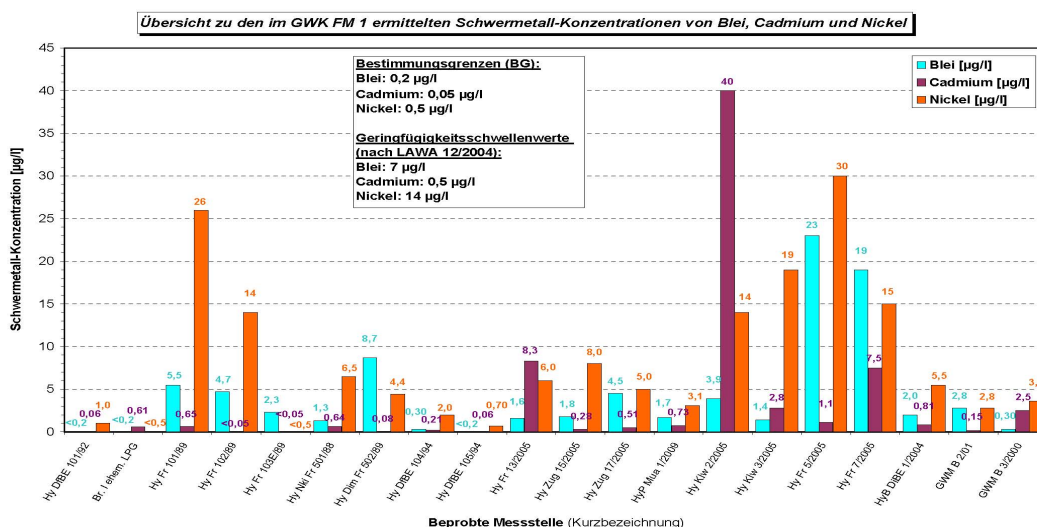


Abbildung 1: Darstellung der ermittelten Konzentrationen von Blei, Cadmium und Nickel an den untersuchten Grundwassermessstellen im GWK FM 1

In der folgenden Abbildung sind die an den Grundwassermessstellen ermittelten Konzentrationen von Arsen und Kupfer dargestellt.

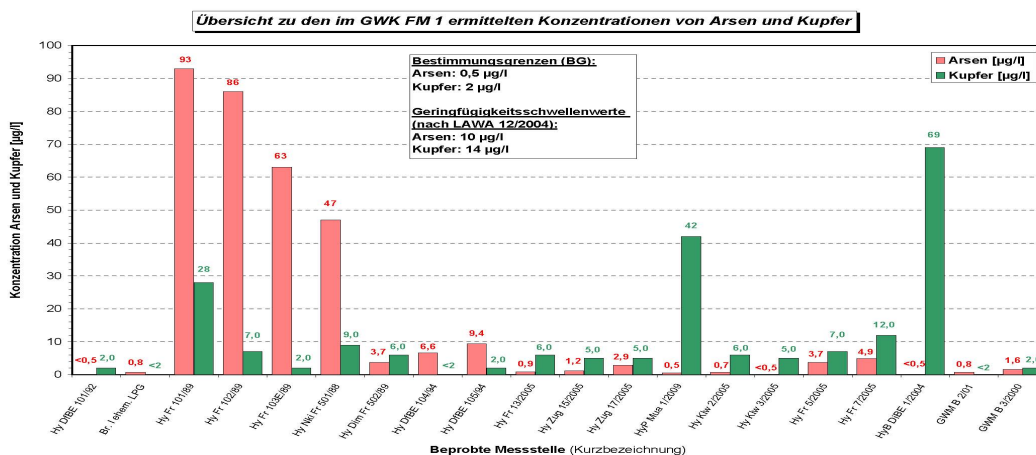


Abbildung 2: Darstellung der ermittelten Konzentrationen von Arsen und Kupfer an den untersuchten Grundwassermessstellen im GWK FM 1

Kritisch belastet sind sowohl Tiefbrunnen mit in der Regel relativ guter Grundwassergeschüttheit (insbesondere z. B. im Nordosten des GWK), bei denen somit eindeutig geogene Ursachen für erhöhte Schwermetallgehalte anzunehmen sind, als auch flachere, im Gneis/Gneiszersatz verfilterte Grundwassermessstellen im Raum Freiberg, bei denen verstärkt diffuse anthropogene Einflüsse (Altbergbau, Hüttenindustrie) als mögliche Ursache in Betracht kommen.

Insgesamt ergaben die Untersuchungen im Rahmen des Werkvertrages eine diffuse Belastung des GWK durch das Schwermetall Cadmium sowie teilweise durch die Schwermetalle Kupfer, Nickel und Blei. Hauptsächlich davon betroffen ist der zentrale und südliche Bereich des GWK, bestehend aus dem Freiburger Lagerstättenbezirk sowie das Umfeld der Ortslagen von Oberbobritzsch, Mulda und Dittersbach. Für den nördlichen Bereich des GWK (Bereich zwischen Reinsberg und Oberschaar) ergaben die Untersuchungen eine Belastung durch das Halbmetall Arsen. Für den äußersten Süden des GWK (südlich der Linie Zethau – Nassau) ergaben die Untersuchungen keine diffuse Schwermetallbelastung.

GWK ZM 1-3

Im Ergebnis der Datenrecherche im Erfassungsprogramm UHYDRO (FIS Hydrogeologie) konnte nur eine geringe Anzahl an potenziell geeigneten Grundwasseraufschlüssen vorausgewählt werden. Lediglich zwei GWM konnten tatsächlich beprobt werden und erwiesen sich in technischer Hinsicht als geeignet. Sie befinden sich im zentralen südlichen Bereich des GWK im Umfeld der Ortslage Pöhla. Eine der beiden Messstellen befindet sich im Zuständigkeitsbereich der WISMUT GmbH, die andere ist ein Privatbrunnen. Von den beiden Messstellen wies eine minimal erhöhte Arsengehalte auf. An beiden Messstellen wurde eine Überschreitung des GFS-Wertes für Fluorid festgestellt. Als Ursache sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die geogenen Standortgegebenheiten zu sehen. Eine Bewertung des Zustandes des gesamten GWK bezüglich einer diffusen Schwermetallbelastung ist auf Grund der geringen Messstellenanzahl und ihrer ungünstigen flächenhaften Verteilung gegenwärtig nicht möglich. In den Bereichen ohne geeignete Messstellen sollten ergänzende Recherchen durchgeführt werden.

GWK ZM 1-4

Die Datenrecherche im Erfassungsprogramm UHYDRO (FIS Hydrogeologie) ergab für diesen GWK ebenfalls eine geringe Anzahl an potenziell geeigneten Grundwasseraufschlüssen. Von den drei recherchierten Messstellen konnten zwei letztendlich tatsächlich beprobt werden. Davon erwies sich in technischer Hinsicht eine Messstelle als geeignet sowie eine als bedingt geeignet. Beide beprobten Messstellen wiesen erhöhte Schwermetall- bzw. Arsengehalte sowie auch Aluminiumkonzentrationen auf. Bei einer der beiden Messstellen wurde zudem ein erhöhter Fluoridgehalt festgestellt. Insgesamt ist festzustellen, dass auf Grundlage der für das operative Messnetz ausgewählten Messstellen eine Bewertung des

gesamten GWK bezüglich einer diffusen Schwermetallbelastung gegenwärtig nicht möglich ist. Insofern ist eine weitere Recherche und Messstellenüberprüfung notwendig.

GWK ZM 3-2

In diesem GWK wurden insgesamt 17 Grundwasseraufschlüsse auf Funktionstüchtigkeit und Eignung für das operative Messnetz zur Beurteilung der Schwermetallbelastung geprüft. Von diesen erwiesen sich in technischer Hinsicht 10 Messstellen als geeignet sowie vier als bedingt geeignet. Von den beprobaren 14 Messstellen wiesen 13 erhöhte Schwermetall- und/oder Arsengehalte auf. Nachgewiesen wurden erhöhte Belastungen durch Aluminium, Arsen, Blei, Kupfer und Nickel. Dabei sind am häufigsten die Aluminium-, Arsen- und Kupferkonzentrationen erhöht. Erhebliche GFS-Überschreitungen treten am ehesten bezüglich des Parameters Kupfer auf. An nur einer Messstelle wurde eine Überschreitung der GFS-Werte für Cadmium und Quecksilber festgestellt. Insgesamt ergibt sich aus den Untersuchungen für den zentralen und östlichen Teil des GWK eine diffuse Belastung durch Arsen. Zudem ist der nordöstliche Teil des GWK durch eine Belastung mit dem Schwermetall Kupfer sowie untergeordnet Cadmium, Nickel und Quecksilber gekennzeichnet. Im südwestlichen Bereich des GWK besteht noch Untersuchungsbedarf, da sich die bisher befahrenen Messstellen als nicht geeignet erwiesen.

8.5 Zusammenfassung

Die nachfolgende Tabelle enthält eine GWK-spezifische Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen zur Verdichtung der operativen Messnetze zur Überwachung der Schwermetallbelastung gemäß EU-WRRL.

GWK	Anzahl der aufgesuchten Messstellen	Anzahl prinzipiell geeigneter Messstellen ¹⁾	Anzahl der ausgewählten Messstellen für Schwermetalle gemäß EU-WRRL	Messstellendefizit ²⁾
EL 1-6-1	10	8 / 6	4	mittelfristig Ersatzmessstellen 2
EL 1-8	15	12 / 8	4	Zurzeit nicht
EL 1-9	8	5 / 4	4	Zurzeit nicht
FM 1	24	20 / 15	10	eventuell 1 GWM
ZM 1-3	3	2 / 1	2	Ja
ZM 1-4	3	2 / 2	1	Ja
ZM 3-2	17	14 / 14	9	zurzeit nicht
Summe	80	63 / 50	34	

¹⁾ prinzipiell technische Eignung (geeignet, bedingt geeignet)/davon Anzahl prinzipiell geeignete Messstellen mit Belastung (toxische Schwermetalle, Arsen, Aluminium)

²⁾ Optionen: Nachrecherche, Nachuntersuchung bzw. ggf. Neuerrichtung

Die tabellarische Übersicht verdeutlicht, dass für die Mehrzahl der GWK eine hinreichende Messstellenanzahl existiert. Lediglich für die beiden GWK ZM 1-3 und ZM 1-4 besteht noch ein relevantes Messstellendefizit und damit ein bedeutender Recherche- und Untersuchungsbedarf. Allerdings ist die derzeitige flächenhafte Verteilung der Messstellen innerhalb einiger GWK als ungünstig zu bewerten.

8.6 Literatur

G.E.O.S. FREIBERG INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: Gutachten Zustandsüberwachung Grenzgewässer / Operatives Messnetz, erarbeitet für das Regierungspräsidium Dresden; Freiberg. 28.12.2007.

INGENIEURBÜRO FÜR WASSER UND BODEN GMBH: Funktionsprüfung und Untersuchung von Grundwassermessstellen für die Verdichtung der operativen Messnetze zur Überwachung der Schwermetallbelastung nach WRRL Endbericht, erarbeitet für das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Possendorf. 30.06.2010.

EUROPÄISCHE UNION: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik; 23.10.2000.

EUROPÄISCHE UNION: Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung; 12.12.2006.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE: Europäische Wasserrahmenrichtlinie – Neue Impulse für Sachsen; „Bericht über die sächsischen Beiträge zu den Entwürfen der Bewirtschaftungspläne der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder“; Dresden, 12/2008.

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001); 21.05.2001.

9 SHARP

Sustainable Hydro Assessment and Groundwater Recharge Projects

Corina Niemand, Christin Glöckner, Maren Zweig, Karin Kuhn - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

9.1 SHARP - INTERREG IV C Projekt der Europäischen Union

Das im Januar 2010 gestartete Projekt SHARP dient dem Austausch von Erfahrungen und Wissenstransfer im Bereich des nachhaltigen Grundwassermanagements. Das übergeordnete Ziel von SHARP ist es, mit innovativen Werkzeugen, Methoden und Technologien die existierenden Grundwasserressourcen für zukünftige Generationen zu sichern und zu schützen.

Das Projekt findet im Rahmen des INTERREG IV C Programms statt. Ziel solcher Programme ist eine europäische interregionale Zusammenarbeit. In der Zeit der Förderperiode von 2007 - 2013 werden verschiedene Projekte mithilfe des **ERDF**-Strukturfonds (**E**uropean **R**egional **D**evelopment **F**und/**E**FRE-Europäischer Fonds regionale Entwicklung) realisiert. Im Vordergrund des INTERREG IV C steht dabei der Erfahrungsaustausch in den Bereichen Innovation und Wissensgesellschaft, Umweltschutz und Risikovermeidung. Vor allem Erfahrungen und beispielhafte Praktiken verschiedener Regionen, welche sich als besonders leistungsfähig erwiesen haben, sollen mit Vertretern anderer Regionen ausgetauscht werden. Das Ergebnis der einzelnen Projekte im Rahmen des INTERREG IV C ist eine wirtschaftliche Modernisierung im eigenen Land. Im Mittelpunkt stehen dabei am Ende einer jeden Projektperiode die Veröffentlichung und Verbreitung der Projektergebnisse.

9.2 Projektpartner

An dem Projekt SHARP beteiligen sich neun Projektpartner (Abbildung 1) aus den verschiedensten Regionen Europas mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen und Ansprüchen an die Wasserwirtschaft. Zu ihnen gehören:

- Kompetenznetzwerk Wasserressourcen GmbH Graz, Österreich (federführender Partner)
- Region West-Makedonien, Griechenland
- Region of Nord-Ägäis, Griechenland
- Regionalagentur für ländliche Entwicklung (ERSA) Friaul-Julisch Venetien, Italien
- Verbund der Gemeinderäte, Malta
- Institut der Meteorologie und Wasserwirtschaft Wroclaw, Polen
- Institut für internationale Ressourcen und Recycling, Großbritannien
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Deutschland
- Graz AG Wasserversorger, Österreich

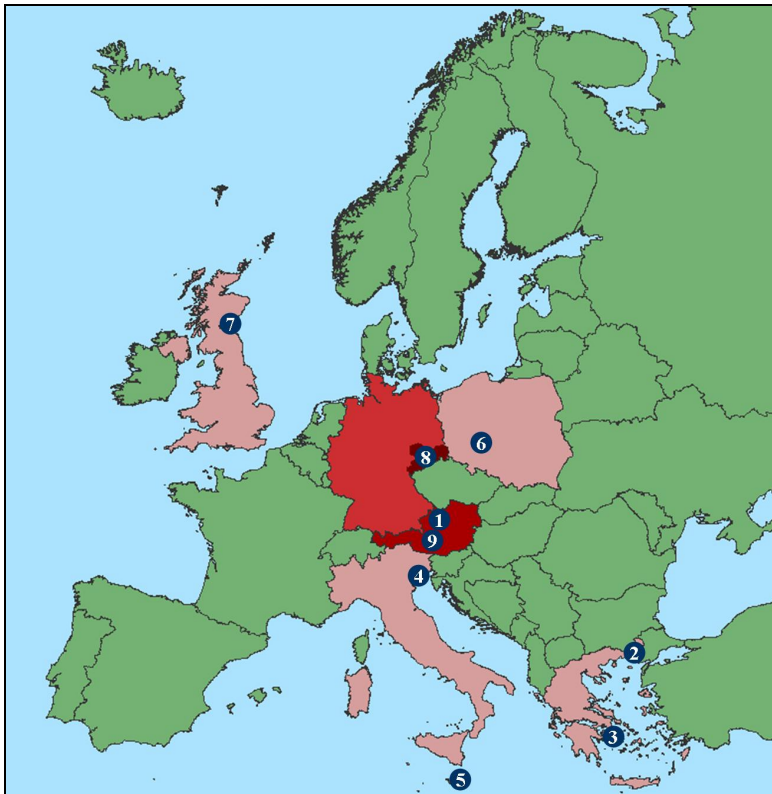


Abbildung 1: Projektpartner SHARP

9.3 Inhalte

Im Vordergrund des Projektes steht der Austausch von Erfahrungen zwischen den Projektteilnehmern auf dem Gebiet des nachhaltigen Grundwassermanagements. Zu den Schwerpunkten, die zum Austausch angeboten werden sollen, zählen:

- Grundwassermanagementtools
- künstliche Grundwasseranreicherung
- Grundwassermonitoringsysteme
- strategischer Nutzen von Grundwasserressourcen
- Pläne zum Schutz von Trinkwasser
- Wasserhaushaltsmodelle
- Techniken, um die Wasserqualität und -quantität zu sichern

Das LfULG kann weitestgehend zu jedem dieser Schwerpunkte einen Teil beitragen bzw. die entsprechenden Kontakte herstellen, wobei ein Fokus auf der Anwendbarkeit von Wasserhaushaltsmodellen liegen wird. Der Beitrag bezieht sich auf die quantitativen Aspekte des Grundwassermanagements. Zunächst wird ein Vergleich der in den Partnerländern angewandten Berechnungsmodelle angestrebt. Weiterhin sollen Analysen zur Anwendbarkeit der Modelle in unterschiedlichen Klimaregionen durchgeführt werden. In dem internationalen Erfahrungsaustausch sollen geeignete Methoden zur Wasserhaushaltsbilanzierung gefunden und überprüft werden. Ziel ist die Bereitstellung eines europaweit anwendbaren Werkzeugs zur quantitativen Abschätzung von Abflusskomponenten (insbesondere der Grundwasserneubildung), das überregional vergleichbare Wasserhaushaltsdaten bietet und belastbare Grundwasservorratsprognosen ermöglicht. Dafür soll dabei das seit 2008 laufende Projekt KiiWES (Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten **Klimaveränderungen** auf den **Wasser-** und **Stoffhaushalt** in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer. <http://www.forsten.sachsen.de/umwelt/klima/14285.htm>; Schriftenreihe, Heft 37/2009 „Grundwasser - Altlasten aktuell“) einbezogen werden.

Aufgrund großer Differenzen der berechneten Wasserhaushaltskomponenten, welche teilweise um ein Vielfaches schwanken können, wurde im LfULG ein Forschungsvorhaben ins Leben gerufen, das sich mit dem Vergleich verschiedener

Wasserhaushaltsmodelle auf unterschiedlichen Skalenebenen in Zeit und Raum beschäftigt. Es handelt sich hierbei um ein Konzept, mit dem wissenschaftlich fundierte, reproduzierbare und verlässliche Wasserhaushaltsdaten ermittelt werden können. Gemeinsam mit der TU Dresden erfolgt die Umsetzung dieses Forschungsvorhabens im Rahmen des Forschungsprojekts KliWES. Projektziel ist dabei die Bewertung sächsischer Gewässereinzugsgebiete entsprechend der Anfälligkeit ihres Wasserhaushalts gegenüber dem Klimawandel. Aus dieser Bewertung der Entwicklung des Wasserhaushaltes und der Grundwasserressourcen sollen anschließend Empfehlungen für regionalspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen abgeleitet werden.

In einer aufwändigen Voruntersuchung werden dabei die Wasserhaushaltsmodelle WaSiM-ETH, ArcEGMO, AKWA-M und MIKE SHE analysiert, um anschließend eine Wahl zu treffen, welches dieser vier Modelle zur Berechnung des Wasserhaushaltes in ganz Sachsen geeignet erscheint.

KliWES basiert auf einem kombinierten Modellkonzept zur Gesamtwasserhaushaltsmodellierung. Mittels der Kopplung des Wasserhaushaltsmodells mit einem Grundwassermodell sollen in KliWES die einzelnen Prozesse des Wasserhaushaltes besser abgebildet werden.

Die Erfahrungen und Ergebnisse des KliWES-Projektes sind für die SHARP-Projektpartner in Abhängigkeit von ihren konkreten Anforderungen von Interesse. Beitrag des LfULG wäre eine Erweiterung der Modellvergleiche auf weitere, gemeinsam mit den Partnern ausgewählte Wasserhaushaltsmodelle und die Überprüfung der Übertragbarkeit des Modellkonzeptes auf die Partnerländer.

Im Gegenzug dazu kann im Erfahrungsaustausch im Projekt SHARP die methodische Herangehensweise des Projektes KliWES durch internationale Erfahrungsträger geprüft, verifiziert und systematisiert werden.

Eine Anwendung des Konzeptes in einem anderen Partnerland ist daher sinnvoll, um die Übertragbarkeit der Methode zur Ermittlung konsistenter und reproduzierbarer Wasserhaushaltsdaten zu testen. Da für ein Anwendungsbeispiel umfangreiche Datenrecherchen erforderlich sind, bietet sich die Grenzregion Sachsen/Polen an. Für sie wurden bereits bilaterale Vorabsprachen getroffen und durch die Deutsch-Polnische Grenzgewässerkommission sind Vorarbeiten vorhanden, z. B. die Neiße-Bilanz.

Ziel ist es, den Grundstein für eine gemeinsame Wasserhaushaltsmodellierung einschließlich der Betrachtung von Klimaprojektionen und Klimaszenarien zu legen. Der räumliche Schwerpunkt liegt dabei auf dem grenzüberschreitenden Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße, dessen Wasserhaushalt durch den Einfluss des Bergbaus stark anthropogen beeinflusst ist. Gerade die Folgen des Bergbaus als eine wichtige Wasserbewirtschaftungsfrage und mit den einhergehenden Problemen für Wasser- und Stoffhaushalt sind für mehrere Projektpartner von großem Interesse. Hier zeichnet sich ein Schwerpunkt im Rahmen des Projektes SHARP ab.

Doch nicht nur durch den Erfahrungsaustausch im Bereich Wasserhaushaltsmodellierung und Folgen des Bergbaus wird Sachsen profitieren. Ein Wissenszuwachs ist ebenfalls in Bezug auf andere Wasserbewirtschaftungsfragen (z. B. Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen) und sich daraus ableitenden Handlungsempfehlungen zu erwarten.

Des Weiteren wird ein umfangreiches Netzwerk aus Experten und Entscheidungsträgern aufgebaut, das auch für andere und weitere Vorgehen im Bereich Grundwasser- bzw. Wasserbewirtschaftungsfragen genutzt werden kann.

9.4 Vorgehensweise

Der Wissensaustausch in SHARP erfolgt hauptsächlich im Rahmen von Seminaren, Studienaufenthalten und internationalen Konferenzen in den Projektregionen. Damit wird es ermöglicht, die Erfahrungen nicht nur in der Theorie und auf dem Papier auszutauschen, sondern den Projektteilnehmern den Status quo und Probleme vor Ort an sichtbaren Beispielen bewusst zu machen.

Auf Grundlage dieses Wissensstands und dieser Erkenntnisse werden Brücken zwischen den einzelnen Partnern zur vertieften gemeinsamen Zusammenarbeit erzeugt. Erfahrungen, die einige Länder bereits gesammelt haben, können mit anderen Ländern ausgetauscht werden, die im selben Bereich Defizite aufweisen.

Auf Grundlage der bereits beschriebenen SHARP-Schwerpunkte müssen in der kommenden Projektlaufzeit 15 bereits existierende gute Beispiele und 15 Beispiele für die potenzielle Anwendung in verschiedenen SHARP-Gebieten definiert werden, die zu einer Verbesserung des nachhaltigen Grundwassermanagements beitragen können. Im Rahmen eines Seminars wurden hierzu bereits erste Vorschläge unterbreitet, die auf den Erfahrungen (Kompetenzen, bereits eingesetzte Verfahren und Technologien), aber ebenso gegenwärtigen und zukünftigen Problemen und Anforderungen im Bereich Grundwassermanagement der Teilnehmer basieren. Diese sind z. B.

- Grundwasserkontamination durch Tagebau
- grenzübergreifende Probleme hinsichtlich des Wassermanagements
- Anwendung von Wasserhaushaltsmodellen unter Berücksichtigung des Klimawandels
- Entwicklung und Überprüfung von Grundwassermodellen
- effizienter Wassergebrauch in der Landwirtschaft
- Online-Beobachtungssysteme und Entscheidungsfindungssysteme
- Bewusstseinssteigerung der Ansprüche im Bereich Grundwassermanagement auf kommunaler Ebene
- Strategien, die Ergebnisse aus SHARP an politische Entscheidungsträger auf regionaler, transnationaler und europäischer Ebene heranzutragen

In der kommenden Projektlaufzeit werden diese Punkte weiter ausformuliert. Außerdem werden eine Verstärkung der Netzwerke zwischen den Partnerländern sowie der Aufbau eines Netzwerkes von Experten und Entscheidungsträgern angestrebt. Die Ergebnisse sollen bis Ende 2012 in einem virtuellen Informationssystem zusammengeführt werden.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Antje Sohr, Christina Lausch, Kati Kardel, Heiko Ihling, Dr. Anna-Katharina Böhm,
Sabine Gruhne, Corina Niemand, Christin Glöckner, Karin Kuhn, Maren Zweig
Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.
Hans-Jürgen Friedrich, Wolfgang Hoffmann
Ostfalia - Hochschule für Angewandte Wissenschaften - Campus Suderburg
Dr. Volker Birke
Baugrund Dresden Ingenieurgesellschaft mbH
Dr. Ralf Herrmann
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Halle
Michael Dilbat, Dr. Kay Knöller, Dr. Stephan Weise
Technische Universität Dresden
Stephan Schönekerl
Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH Possendorf
Bertram Fritzsche

Redaktion:

Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Boden, Altlasten
Christina Lausch
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden
Telefon: + 49 351 8928-4209
Telefax: + 49 351 8928-4099
E-Mail: christina.lausch@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:

05.12.2010

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.