

Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell

Schriftenreihe, Heft 41/2012



Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell

Antje Sohr, Christina Lausch, Kati Kardel, Günter Rank, Bernd Siemer, Heiko Ihling, Sabine Gruhne, Dr. Peter Börke,
Dr. Natalja Barth, Holger Forberg, Dr. Erik Nowak, Mattias Hoyer, Sabine Wilscher, Doreen Knippert, Denise Kühn,
Kay Knöller, Christina Jeschke

1	Bodeninanspruchnahme und Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen.....	4
1.1	Einleitung	4
1.2	Ziele	4
1.3	Istzustand	4
1.4	Statistik zur Flächennutzung	7
1.5	Fazit	11
1.6	Quellen und Literatur	12
2	Geochemische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1:400.000 (GcBÜK 400).....	13
3	Entwicklung der Bodenfeuchte auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II) in Sachsen	14
3.1	Einleitung	14
3.2	Auswirkungen von extremer Trockenheit bzw. starkem Regen auf den Bodenfeuchteverlauf.....	16
3.3	Zusammenfassung	18
3.4	Literatur	18
4	Branchenblätter zur Altlastenbehandlung.....	19
4.1	Technologie	19
4.2	Altlastenrelevante Schadstoffe.....	20
4.3	Altlastenrelevanz.....	21
5	Langzeitverhalten und Nachnutzungskonzeption für den Modellstandort "Ehem. Sonderabfalldeponie Göda-Buscheritz"	23
6	Sächsisches Altlastenkataster - Statistische Auswertung 2012.....	27
7	Weiterführung der mikrobiologischen Untersuchungen zur Klärung der Ursachen der hohen Ammoniumbelastung im Grundwasser auf der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten	34
8	Ergebnisse der isopenhydrologischen Untersuchungen an Grundwassermessstellen auf der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten	42
8.1	Aufgaben- und Zielstellung	42
8.2	Isopenhydrologische Untersuchungen	42
8.3	Ergebnisse der isopenhydrologischen Untersuchungen	42
8.3.1	Bestimmung der $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte am gelösten Ammonium	42
8.3.2	Bestimmung der $\delta^{15}\text{N}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte am gelösten Nitrat.....	43
8.3.3	Bestimmung der $\delta^{34}\text{S}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte am gelösten Sulfat.....	44
8.3.4	Bestimmung der $\delta^{13}\text{C}$ -Gehalte am gelösten anorganischen und organischen Kohlenstoff	45
8.3.5	Tritium- und $3\text{H}/3\text{He}$ -Altersdatierung am Wasser	45
8.3.6	Radio-Carbon-Altersdatierung am anorganischen Kohlenstoff	46
8.3.7	Methoden der Altersdatierung im Bergbaugebiet.....	49
8.4	Zusammenfassung	49
8.5	Literatur.....	50
9	Bewertung von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) anhand von Fraktionen	51
10	Kurze Reflektion zweier Kolloquien 2012	54
10.1	XXII. Sächsisches Altlastenkolloquium	54
10.2	Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“	54

1 Bodeninanspruchnahme und Bodenversiegelung im Freistaat Sachsen

Bernd Siemer – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Dr. Erik Nowak – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

1.1 Einleitung

Die „Reduzierung der Flächeninanspruchnahme“ ist für den Schutz des Bodens von hoher Bedeutung. Neben einer Berücksichtigung von ökologischen Aspekten wie einer Beeinträchtigung und Zerstörung der natürlichen Bodenfunktionen und einer nach „außen“ wachsenden Inanspruchnahme des Freiraumes stellen sich auch wirtschaftliche und soziale Forderungen nach einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Als nicht erneuerbare Ressource ist der Boden als Schutzgut und Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen zu erhalten und vor Belastungen und Zerstörungen zu schützen.

1.2 Ziele

In Sachsen existiert ein eigenes, mit dem Ziel des Bundes korrespondierendes „Flächensparziel“. Die Landesregierung hat beschlossen, die Flächenneuanspruchnahme im Freistaat Sachsen auf < 2,0 ha/Tag (Bund 30 ha/Tag) bis zum Jahr 2020 zu reduzieren (<http://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/138434>). Das Flächensparziel wird im Sinne eines aktiven Flächenmanagements mit gemeinsamer Anstrengung von Staat und Kommunen unter Respektierung des kommunalen Selbstverwaltungsrechts angestrebt. Das sich derzeit in der Umsetzung befindliche sächsische Handlungsprogramm zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme orientiert sich daran. Hierbei sollen insbesondere die folgenden fachlichen Grundsätze beachtet werden (s. a. http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Hegewald_REFINA_DD_09.pdf):

- verstärkte Revitalisierung von brach gefallenen Flächen insbesondere im Rahmen des sächsischen Stadtumbaus
- Mobilisierung von Baulücken als primäre Flächenressourcen im Siedlungszusammenhang
- Entsiegelung bzw. Teilentsiegelung nicht mehr benötigter oder bedeutungsarmer Siedlungs- und Verkehrsflächen
- konsequent flächensparende Neuanspruchnahme zur Vermeidung von überdimensionierter Innen- und Außenentwicklung

1.3 Istzustand

Die flächenhafte Inanspruchnahme des Bodens durch Siedlung und Verkehr ist im Bundesland Sachsen nach den Erhebungen des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen (StaLa) im Zeitraum 2001 bis 2010 täglich um > 6 Hektar bzw. um ca. 1,1 % pro Jahr gewachsen. Diese Entwicklung hat sich vollzogen, obwohl die Einwohnerzahl in Sachsen sinkt und eine wachsende Zahl von untergenutzten Flächen und brachliegenden Grundstücken im Siedlungsbestand existiert. Vor allem durch den Rückgang der Bevölkerungsentwicklung sowie durch eine nachlassende Bautätigkeit hat sich das Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstum in den letzten Jahren zwar verlangsamt, es betrug im Jahr 2011 immer noch mehr als 6 Hektar pro Tag (Angaben: StaLa, Internet 2012). Abbildung 1 zeigt die aktuellen Entwicklungen von Bevölkerung und Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr in der vergangenen Dekade auf.

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) enthält verschiedene Nutzungsarten. Sie setzt sich zusammen aus der Gebäude- und Freifläche, aus der Verkehrsfläche, der Betriebsfläche ohne Abbauland, der Friedhofsfläche und der Erholungsfläche. Am 31.12.2010 umfasste die SuV 230.381 Hektar. Dies entspricht 12,5 % der Landesfläche. Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsintensität ist die SuV nicht mit der versiegelten Fläche gleichzusetzen.

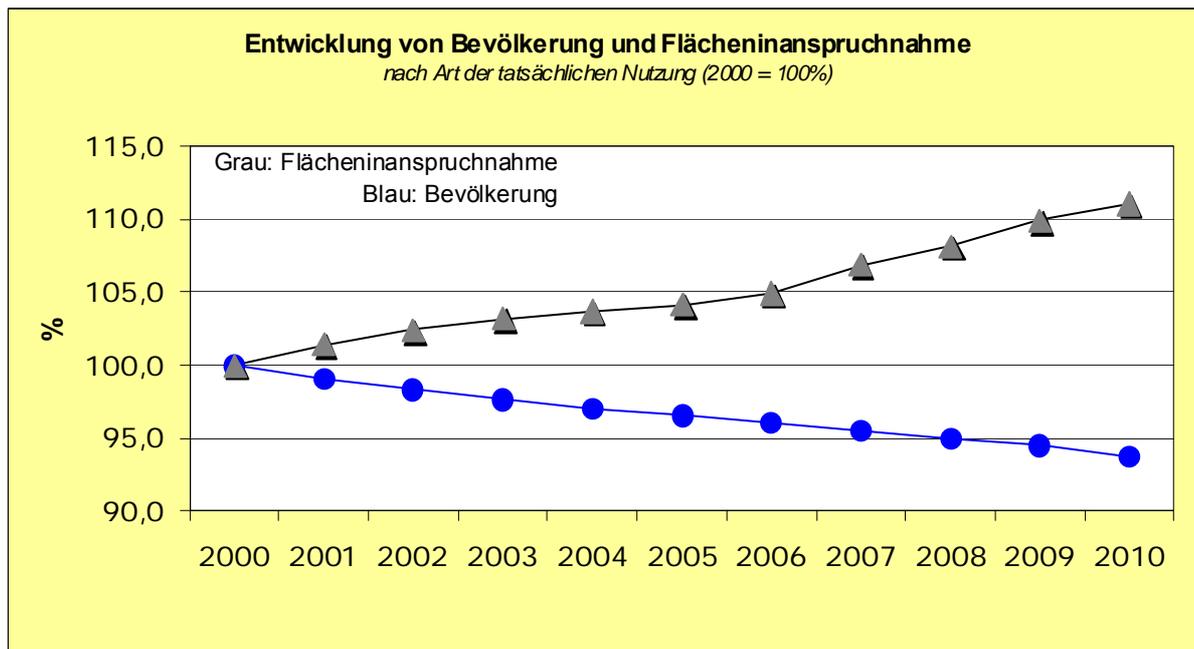


Abbildung 1: Entwicklung von Bevölkerung und Flächeninanspruchnahme im Freistaat Sachsen

Tabelle 1: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche*, Stand 31.12.2010, Fläche in Hektar

Quelle: StaLa, Internet 2012 – nach Art der tatsächlichen Nutzung –

	2001	2004	2006	2008	2010
Freistaat Sachsen	1841322	1841482	1841716	1841947	1841971
Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)	210240 (11,42 %)	214816 (11,67 %)	217568 (11,81 %)	224181 (12,17 %)	230381 (12,51 %)
Darunter					
Gebäude- und Freifläche	120266	121687	122820	124851	125822
Betriebsfläche oder Abbauwand	3162	3571	3836	4333	4735
Erholungsfläche	13291	14292	14987	17725	21499
Friedhofsfläche	1668	1670	1672	1678	1698
Verkehrsfläche	71853	73596	74254	75593	76627

Tabelle 1 zeigt die Flächennutzungsentwicklung in Sachsen während der letzten Dekade. Besonders auffällig ist die hohe Zunahme der Nutzung „Erholungsfläche“ mit über 8.000 Hektar. In vielen Gemeinden Sachsens werden ehemals bergbaulich genutzte Flächen nach der Rekultivierung in die Kategorie „Erholungsfläche“ (SuV-Typ) eingeordnet. In der Regel verbleiben diese Flächen ohne nennenswerte bauliche Inanspruchnahme. Die Einordnung in das „Zählssystem“ der SuV-Fläche erscheint daher fragwürdig (s. a. Kap. Statistik).

Abbildung 2 verdeutlicht beispielhaft die außerörtliche und oft statistisch nicht erfasste Flächeninanspruchnahme insbesondere im ländlichen Raum. Mehr als 120 Hektar Bodenfläche wurden 2011 durch Baumaßnahmen abgeschoben (>1 Mio. Tonnen sehr fruchtbares lösslehmhaltiges Bodenmaterial), mit Frostschutzmaterialien beauftragt und sind für die Bodenversiegelung vorbereitet. Die Neuinanspruchnahme findet vorrangig für logistischen Gewerbebau statt. Nur ca. 10 km entlang der BAB 4 entfernt ist in einem vorhandenen Gewerbegebiet noch > 50 Hektar ungenutzte und offene Gewerbefläche (IG Siebenlehn)

verfügbar (Wirtschaftsförderung Sachsen, Internet 2012). Stattdessen wird „Flächenschutz und Flächensparen“ in der Planungs- und Genehmigungspraxis, wie an diesem Beispiel deutlich wird, nicht vollumfänglich beachtet. Die Frage, wie beispielsweise der im Baugesetzbuch (BauGB) geforderte Grundsatz eines sparsamen und schonenden Umgangs mit Boden und Fläche im Rahmen der Bauleitplanung zu berücksichtigen ist, lässt sich nicht allgemein beantworten.

Beispiel: Umgang mit Bodenfläche im logistischen Baugeschehen



Abbildung 2: Aktuelles Beispiel Berbersdorf, Gemeinde Striegistal, an der BAB 4, ländlicher Raum

(Bild vom November 2011)

Immer deutlicher wird es, dass mit dem Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstum nicht nur Boden und Landschaft verbraucht werden und mehr Verkehr entsteht, sondern auch innerhalb von Siedlungen Probleme entstehen, die sich verschärfend auswirken. Städte und Gemeinden wachsen nach außen, während im Inneren des Siedlungsbestandes Nutzungen zusehends „verloren gehen“. Der Handlungsdruck zu einer forcierten Innenentwicklung wird damit gerade auch unter den Bedingungen „schrumpfender“ Städte und Regionen evident. Die vorhandenen Flächenressourcen im Siedlungs- und Gewerbeflächenbestand sind hierfür eine große Chance. Deren Nutzung stellt allerdings eine erhebliche Herausforderung dar, die nur durch einen integrativen Ansatz zu meistern ist. Aus diesem Grund wurde durch die sächsische Landesregierung ein eigenes Flächensparziel begründet und ein Handlungsprogramm zur Reduzierung der Flächenneuanspruchnahme aufgestellt. Schwerpunkte dieses Programms sind:

- Erfassung der Brachflächen (Kataster)
- spezielle Förderprogramme zur Brachenrevitalisierung
- Bündelung vorhandener Kräfte des Freistaates
- Schutz der landwirtschaftlichen Fläche
- Nutzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

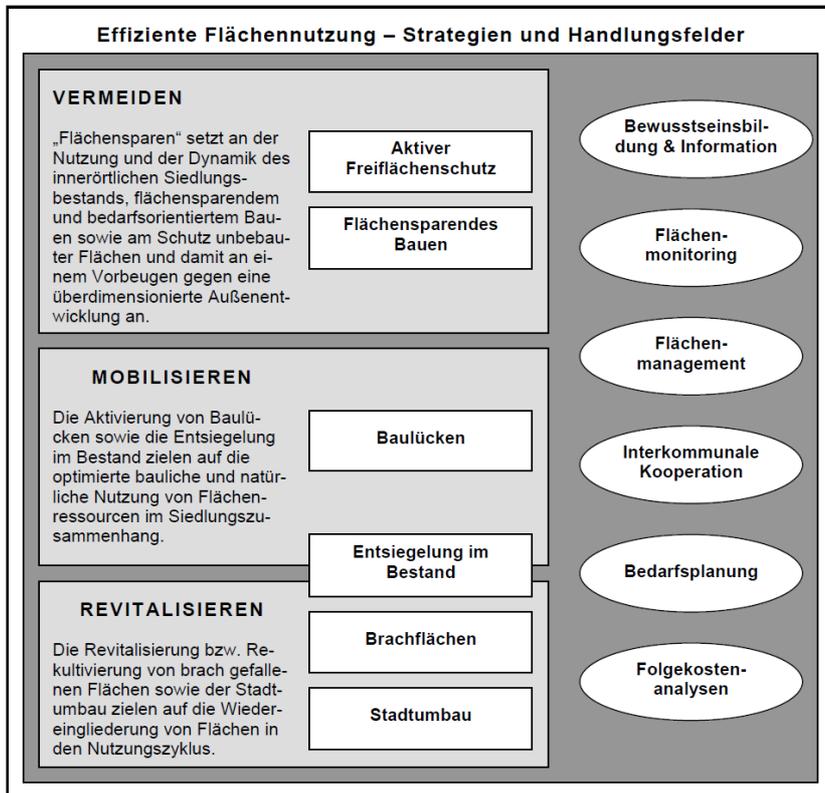


Abbildung 3: Handlungsprogramm des Freistaates Sachsen zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme
(Schema, SMI/SMUL 2009)

1.4 Statistik zur Flächennutzung

Die für das Bundesgebiet und die Länder aufgestellten Ziele zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme bis 2020 wurden und werden auf Basis der amtlichen Statistik abgeleitet. Hauptprobleme in der statistischen Erfassung und Darstellung der Flächeninanspruchnahme sind

- Verlust ("–") landwirtschaftlicher Fläche versus Zuwachs an Fläche für Siedlung und Verkehr ("+"),
- in Sachsen: hoher Zuwachs durch kommunale Erholungsflächen als Bestandteil der SuV durch Maßnahmen der Braunkohle- und Uranbergbausanierung, des Stadtumbaus u. a.,
- Rückbau/Rekulтивierung kaum oder gar nicht statistikwirksam,
- Auswertung der „amtlichen“ SuV-Nutzungen ausschließlich nach „Art der tatsächlichen Nutzung“.

Zur Messung der Wirksamkeit der Maßnahmen soll die amtliche Statistik angewandt werden. Genau dies ist aber so einfach nicht möglich, wie an Hand verschiedener Beispiele gezeigt wird. Hinzu kommen noch verschiedene Statistiken zur Flächennutzung, welche vor allem im Bereich der landwirtschaftlichen (Nutz-)Flächen unterschiedliche Zahlen auf Grund verschiedener Datenquellen ausweisen.

Statistik Landwirtschaftszählung - Bodennutzung im Freistaat Sachsen

Für die landwirtschaftlichen Nutzflächen (LNF) erfolgen sog. Direktzahlungen der EU. Diese Flächen sind seit Jahren bei jährlichen Schwankungen bei ca. 915.000 Hektar weitgehend konstant. Die Zahl leitet sich aus dem Förderumfeld ab.

Statistik Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung (hier findet sich die SuV)

Die von dieser Statistik verwendete Landwirtschaftsfläche umfasst neben der "echten" Landwirtschaft auch weitere Kategorien wie Grünland, Moor und Heide. Diese Fläche, im Jahr 2010 waren es 1.015.188 Hektar, nimmt seit Jahren ab.

Verlust an Offenland

Verliert nun ein Landwirt z. B. durch den Bau einer Straße LNF, kann er seit Mitte des letzten Jahrzehnts den nicht mehr an der Bodenscholle hängenden Anspruch auf Direktzahlungen der EU auf eine andere geeignete, bisher nicht genutzte Fläche übertragen. De facto kompensieren die Landwirte ihre tatsächlichen Verluste der LNF durch Rückgriff auf sogenannte Offenland-Flächen. Diese werden dann - förder technisch - als neue LNF ausgewiesen, sodass die Zahl in etwa konstant ist.

Beispiele problematischer Flächennutzungserhebung

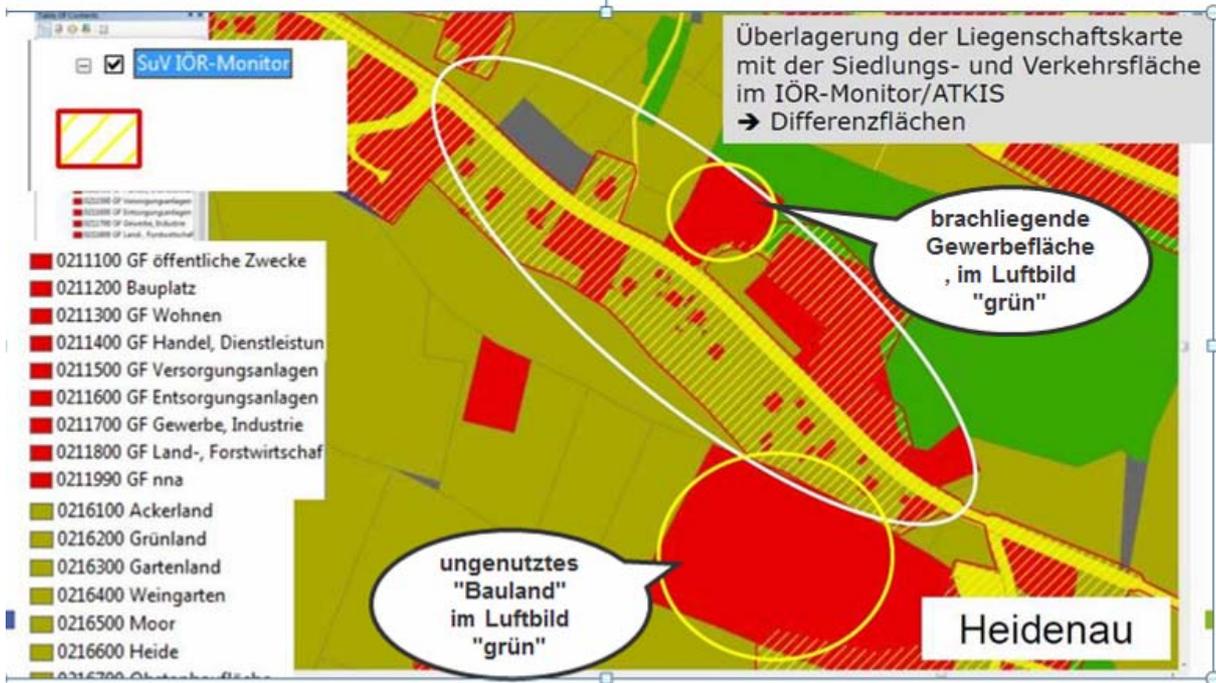


Abbildung 4: Nutzungen im Vergleich: Liegenschaftskarte (ALK) versus IÖR Monitor (Quelle: GeoSN und IÖR 2012)

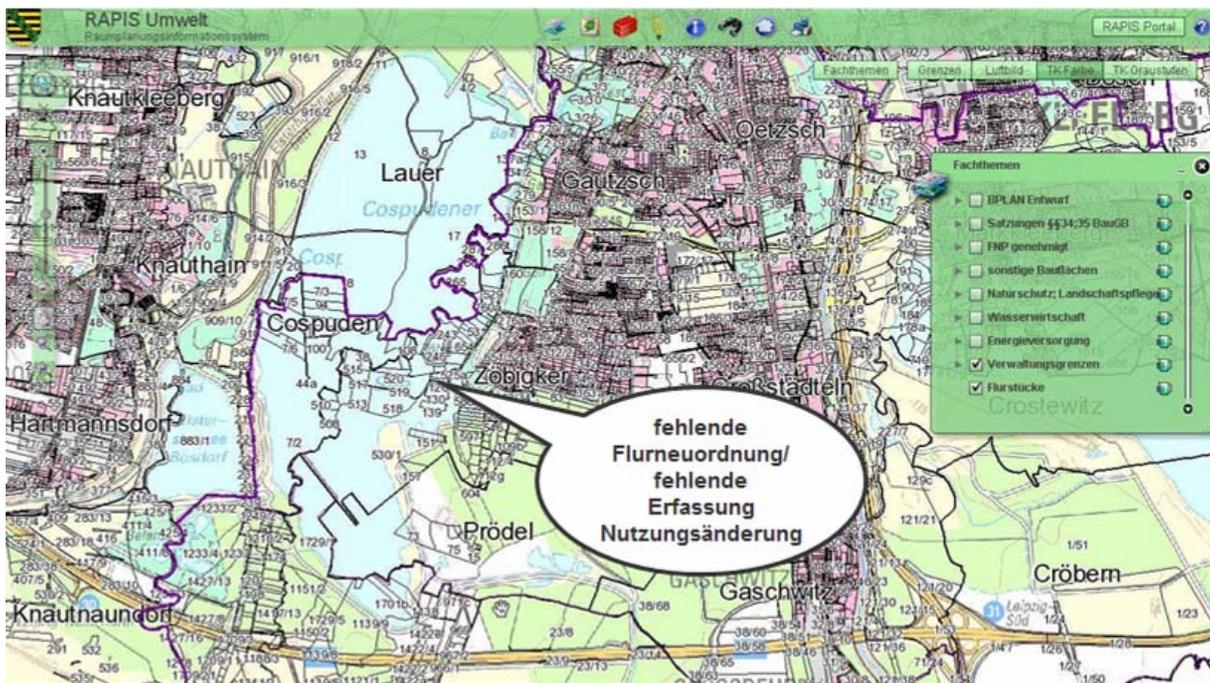


Abbildung 5-1: Bereich Vermessung: fehlende Erfassung



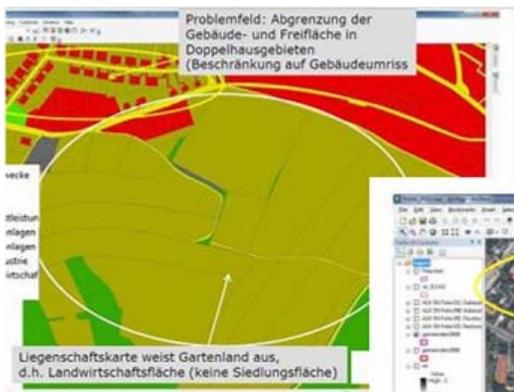
Abbildung 5-2: Bereich Vermessung – fehlende Aktualität der Flächennutzung – Freiraum
(Quelle: GeoSN 2012)



Abbildung 5-3: Bereich Vermessung – Fehlen von Gebäuden in der Liegenschaftskarte
(Quelle: GeoSN 2012)



Abbildung 5-4: Bereich Vermessung – geplante statt „tatsächliche“ Nutzung?



Liegenschaftskarte

Luftbild - kaum Unterscheidung Doppelhaushälften mit Kleingärten



Abbildung 6-1: Methodische Fragen: Kleingärten und Flächennutzungen an Bestandsrändern

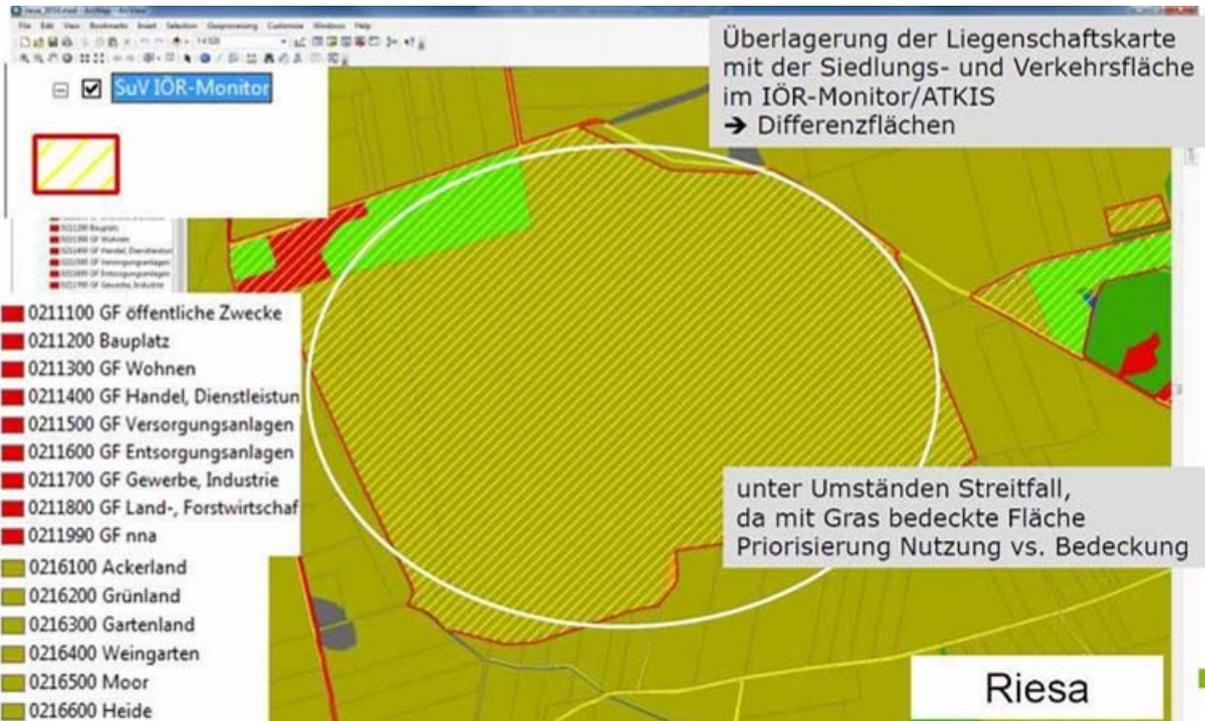


Abbildung 6-2: Methodische Fragen: Bodenbedeckung und Bodennutzung

Die Konsequenzen sind, dass die Grundlagen der Statistik zur Erfassung der Flächeninanspruchnahme und der Maßnahmen zu ihrer Reduzierung überarbeitet werden sollten. Der Freistaat Sachsen hat konkret dazu eine eigene AG gegründet, um mit den vorhandenen Verfügbarkeiten von Informationsquellen für Sachsen eine aussagekräftigere Flächenstatistik zu erreichen. Deshalb wird ergänzend zur amtlichen Statistik der IÖR-Monitor (www.ioer-monitor.de) zur Betrachtung aktueller Entwicklungen eingesetzt.

1.5 Fazit

Statistik und deren Grundlagen

- Es wird eine aussagekräftige Statistik mit gesicherten Grundlagen benötigt.
- Dazu ist zu überlegen, welcher Weg gegangen werden sollte:
 - Entweder sind die Grundlagen zu qualifizieren (wird die ALK durch ALKIS besser?)
 - oder die Grundlagen sind zu wechseln (z. B. ATKIS?).

Dazu müssten auch die gesetzlichen Grundlagen geändert werden.

Schwerpunkte der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme

- Die Erfassung von Brachflächen ist landesweit auszudehnen.
- Brachflächen sollen einer nachhaltigen Nachnutzung zugeführt werden (Bewertung).
- Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen von Neuversiegelungen sollen stärker auf Revitalisierung bzw. Entsiegelung von Brachen gelenkt werden.
- Die landwirtschaftlich genutzte Fläche ist auch vor der weiteren Inanspruchnahme zu schützen.

1.6 Quellen und Literatur

- BOCK, S.; HINZEN, A. & LIBBE, J. (Hrsg.) (2011): Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Handbuch für die Praxis. Ergebnisse aus der REFINA - Forschung. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), 2011.
- Institut für Ökologische Raumentwicklung (2012): Internet: IÖR-Monitor
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2012): Internet - Bodenschutzinformationen
- Sächsisches Staatsministerium des Innern (2011): Landesentwicklungsbericht, Kap. 3.4
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2009): Handlungsprogramm zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme
- Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (2012) Internetportal und Materialien zu Luftbildern und Liegenschaftsinformationen
- Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2012) – Internetportal: Flächennutzung

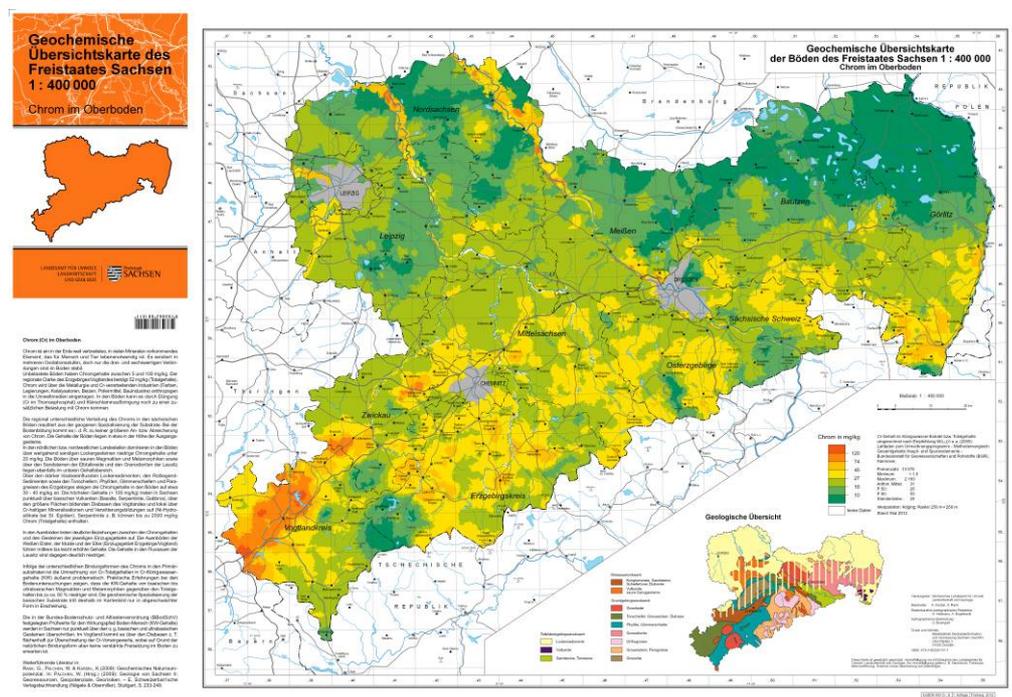
2 Geochemische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1:400.000 (GcBÜK 400)

Kati Kardel; Günter Rank – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Nachdem mit dem Bodenatlas des Freistaates Sachsen Teil 3 (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11634.htm>) 2000 grundlegende Informationen zur Verteilung von Arsen und Schwermetallen in Böden vorgelegt wurden (Aufnahme Raster 4x4 km) und 2010 die Geochemischen Übersichtskarten für Arsen, Cadmium und Blei im Oberboden erschienen sind, folgen jetzt die fünf aktualisierten Karten für die o. g. Elemente. Durch das Bodenmessprogramm des LfULG und die Einbeziehung der Daten Dritter, wurde der Datenbestand in Sachsen ständig erweitert, sodass die Kartendarstellungen sukzessive verbessert werden können. Derzeit liegen ca. 20.000 Proben mit Analysenwerten für die Oberböden vor.

Die Geochemischen Übersichtskarten des Freistaates Sachsen im Maßstab 1:400.000 werden vom LfULG herausgegeben und sind als Plot beim Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) plan oder gefaltet für den Preis von 5 EUR je Stück erhältlich (<http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/karten/geol/geologie.html>). Die digitalen Karteninhalte sowie die zugehörigen Metadaten können vom LfULG unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/26190.htm> bezogen werden.

Die Elementkonzentrationen sind in einer verteilungsbasierten Skala farbig dargestellt und durch eine einfache Statistik (Mittelwerte, Min, Max) ergänzt. Zur geologischen Orientierung ist eine schematische Karte mit den wichtigsten Gesteinseinheiten beigefügt. Der Karteninhalt ist in einem informativen Randtext verbal erläutert, wobei auf die spezifischen geogenen und anthropogenen Ursachen von Elementanreicherungen eingegangen wird (siehe Abbildung 1).



3 Entwicklung der Bodenfeuchte auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II) in Sachsen

Dr. Natalja Barth; Kati Kardel; Holger Forberg – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

3.1 Einleitung

Seit 1995 wird in Sachsen ein Programm zur Erfassung und Langzeitüberwachung der Bodenbeschaffenheit umgesetzt. In diesem Rahmen erfolgte die Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). Die Boden-Dauerbeobachtung in Deutschland verfolgt die drei wesentlichen Ziele,

- den aktuellen Zustand des Bodens zu erfassen und darzustellen <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11631.htm>,
- die langfristigen Änderungen der Böden zu beschreiben, z. B. Humusvorratsänderungen (BARTH et al. 2011) und
- zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Auswertungen stehen die Ergebnisse der Bodenfeuchte- bzw. Bodenwassergehaltmessungen auf BDF II (Abbildung 1), die in unterschiedlichen Bodenlandschaften Sachsens liegen. Der Wasservorrat des Bodens wird sehr stark von Klimafaktoren wie Niederschlag, Temperatur usw. beeinflusst, demzufolge besitzt der Bodenwassergehalt eine hohe Aussagekraft und kann als Klimaindikator verwendet werden. Die Standortsubstrateigenschaften der Flächen, die die Höhe des Bodenwassergehalts mitbeeinflussen, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

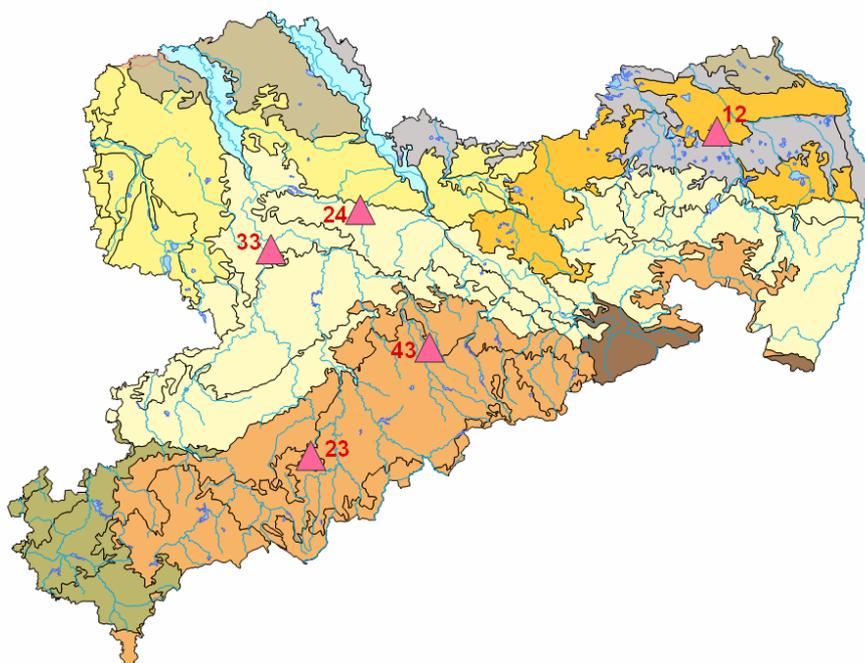


Abbildung 1: BDF II-Standorte innerhalb der Bodengroßlandschaften Sachsens: 12-Lippen, 23-Ehrenfriedersdorf, 24-Schmorren, 33-Colditz, 43-Hilbersdorf

Zusätzlich zur periodischen Erfassung von bodenkundlichen Parametern auf BDF I werden bei BDF II (Abbildung 2) kontinuierlich bodenphysikalische (Bodenfeuchte und Bodentemperatur) sowie klimatische Kenngrößen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftfeuchte, Lufttemperatur und Niederschlagsmenge) registriert.

Tabelle 1: Standorteigenschaften der Oberböden von BDF II

Bdf-Nr.	BoArt	C _{org} (%)	nFK (%)	PWP (%)	T (%)	U (%)	S (%)
12	Su2	1,0	11	9	4	11	89
23	Sl4	2,6	17	17	16	39	45
24	Ut3	1,2	25	16	13	82	5
33	Su2	3,8	18	12	4	19	77
43	Slu	2,6	20	13	13	49	38

Über Saugkerzen werden aus den unterschiedlichen Tiefenbereichen die Sickerwässer unter entsprechendem Unterdruck gewonnen und darin bodenchemische Parameter (Sickerwasserinhaltsstoffe) im Labor ermittelt. Weiterhin erfolgen Messungen zur Deposition und regelmäßige laborchemische Untersuchungen der Pflanzeninhaltsstoffe. Lage und instrumentelle Ausstattung sowie Angaben zur Methodik im Hinblick auf Datenerfassung, Probenahme und laborchemische Untersuchungen sind unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11656.htm> und <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11655.htm> zusammengefasst dargestellt.

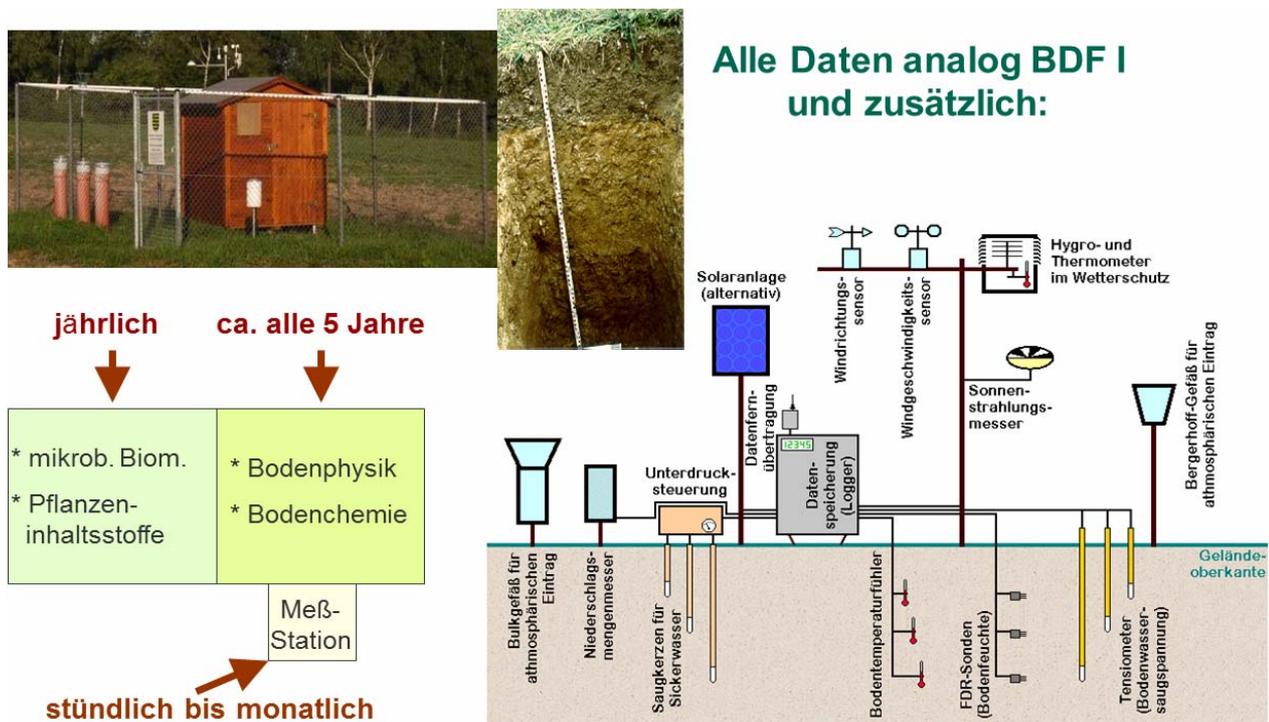


Abbildung 2: Datenerhebung auf BDF II

3.2 Auswirkungen von extremer Trockenheit bzw. starkem Regen auf den Bodenfeuchteverlauf

Im bisherigen Messzeitraum konnten auf den BDF II die Auswirkungen von zwei besonders extremen Witterungserscheinungen studiert werden: extrem hohe Niederschläge im Jahr 2002 und extreme Trockenheit im Jahr 2003. Die FDR-Bodensensoren registrierten einen steilen Anstieg des Bodenwassergehalts in allen Tiefen mitten im Sommer 2002 (August, Hochwasser) bzw. das Erreichen von kritisch niedrigen Bodenwassergehalten in allen Tiefen im Sommer 2003 (Abbildung 3, hier exemplarisch BDF 24-Schmorren).

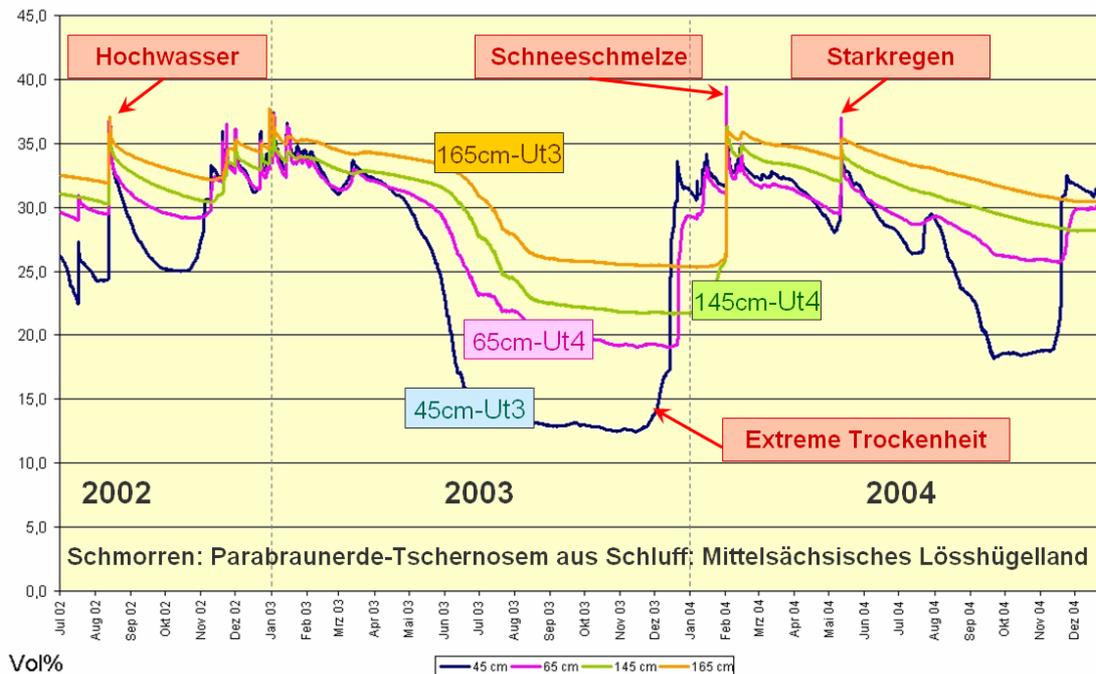


Abbildung 3: Auswirkungen von extremer Trockenheit bzw. starkem Regen auf den Bodenfeuchteverlauf am Beispiel der BDF II Schmorren

Die BDF Schmorren befindet sich im Mittelsächsischen Lösshügelland. Auf Grund der Standortsubstrateigenschaften besitzt der Boden hier ein hohes Wasserhaltevermögen. Selbst unter diesen Bedingungen werden bei längerer Trockenheit die kritisch niedrigen Werte des Bodenwassergehaltes auch in tiefsten Bodenhorizonten erreicht.

Den kritischen Wert des Bodenwassergehaltes bezeichnet man auch als Permanenten Welke-Punkt (PWP): Das ist der Grenzbereich für den Wassergehalt eines Bodens, bei dem die meisten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen auch bei sonst optimalen Standortbedingungen irreversibel zu welken beginnen. Er wird konventionell mit einer Saugspannung von 1,5 MPa oder pF 4,2 [lg hPa] festgelegt (KA 5). Die Ermittlung des PWP (Tabelle 1) erfolgte über Entnahme ungestörter Stechzylinderproben aus dem entsprechenden Horizont und weiteren Bestimmung im Labor der BfUL nach DIN 19683.

Wertet man die jährliche Häufigkeit des Erreichens des PWP in Oberböden der BDF II an sieben aufeinanderfolgenden Tagen (Abbildung 4, in-situ Bodenfeuchtemessungen) aus, stellt man fest, dass regionale, substratabhängige und jährliche Unterschiede zu beobachten sind. Der kritische Wassermangel trat bis jetzt auf den BDF Schmorren, Colditz und Lippen seit einigen Jahren erst etwa ab Ende Juni auf (Abbildung 4, römische Zahlen im Kreis), wenn bei vielen Kulturen die Keim- und Hauptentwicklungsphase bereits abgeschlossen war. Auf den BDF Hilbersdorf und Ehrenfriedersdorf, die in der Bodengroßlandschaft der Berg- und Hügelländer liegen, wurde innerhalb des Messraums kein kritischer Wassermangel innerhalb der festgelegten Zeitdauer im Oberboden erreicht.

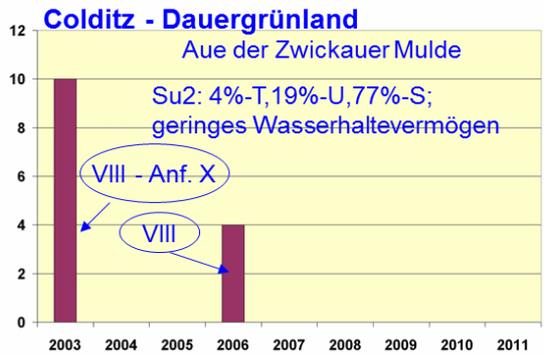
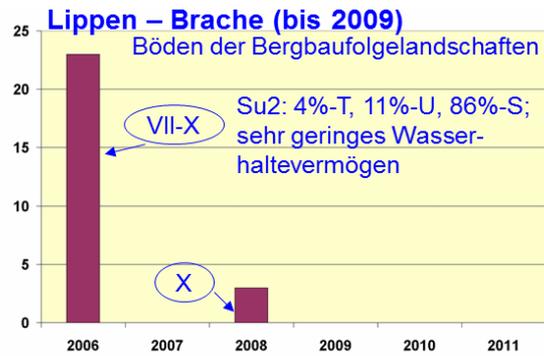
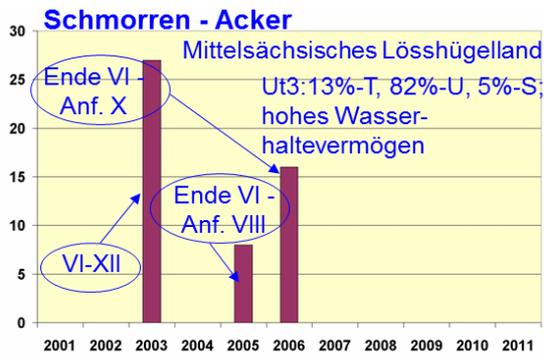


Abbildung 4: Häufigkeit des Erreichens des PWP in den Oberböden der BDF II an sieben aufeinanderfolgenden Tagen: 12-Lippen, 23-Ehrenfriedersdorf, 24-Schmorren, 33-Colditz, 43- Hilbersdorf

Bei der Betrachtung der Bodenwasservorratsentwicklung im Frühjahr (Monate April und Mai) kann man feststellen, dass der Wasservorrat sich sehr rapide verringert (Abbildung 5). Das hat zur Folge, dass bei evtl. zurückgehenden Niederschlägen die kritischen Werte des Bodenwasservorrates öfter in Frühjahr erreicht werden könnten.

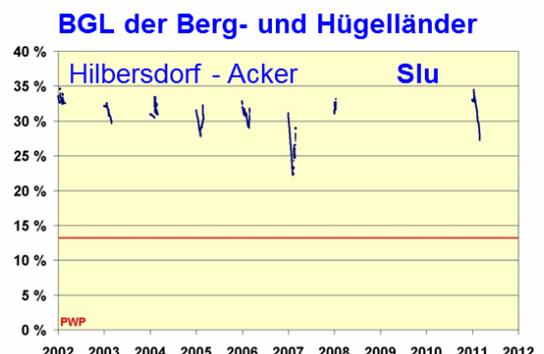
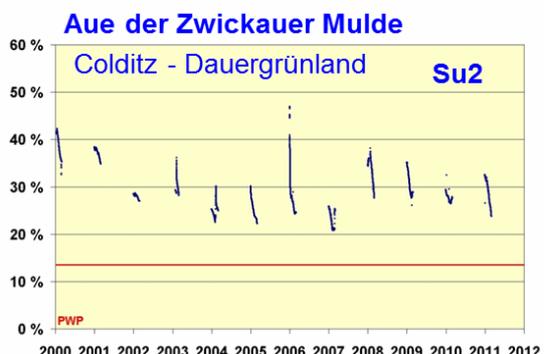
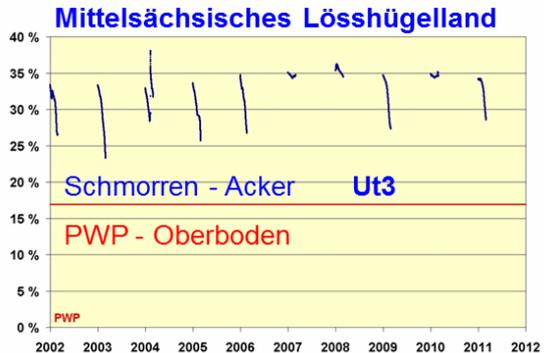


Abbildung 5: Bodenfeuchteverlauf in den Oberböden der BDF II im Frühjahr in den Monaten April und Mai

In diesem Fall ist das Auftreten von kritisch niedrigen Bodenwassergehalten bei der Verringerung der Niederschlagsmenge großräumig in Sachsen zu erwarten (Abbildung 6); Ausnahme: Bodengroßlandschaft (BGL) der Berg- und Hügelländer.

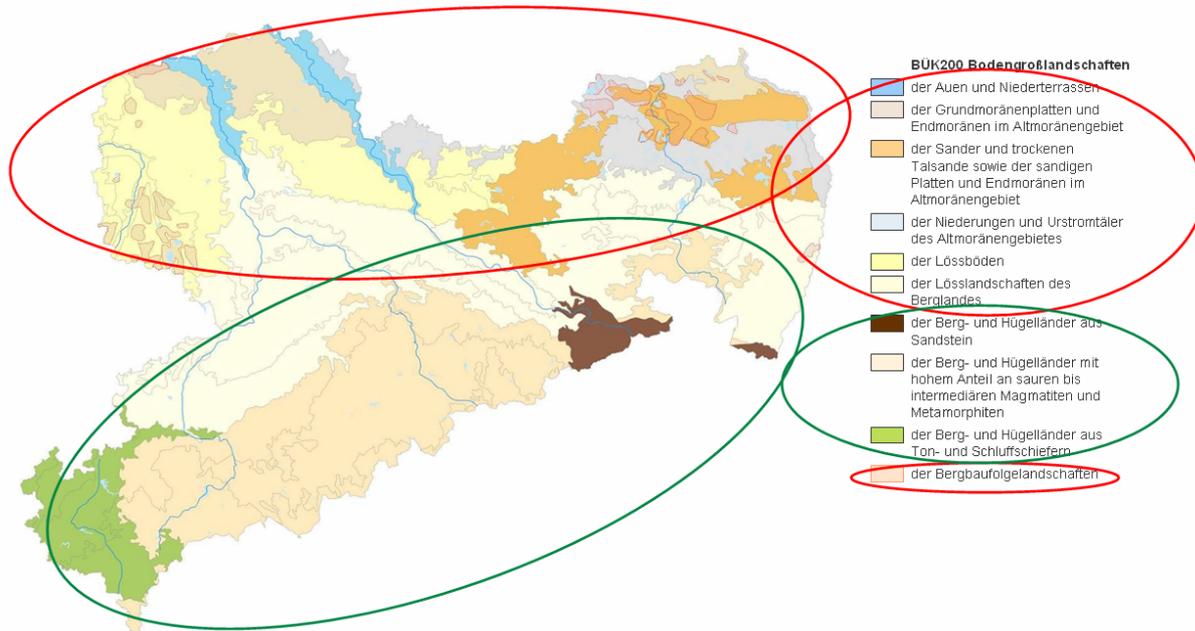


Abbildung 6: Wahrscheinliches Auftreten von PWP innerhalb der Bodengroßlandschaften Sachsens

3.3 Zusammenfassung

In Sachsen ist das Auftreten von kritisch niedrigen Bodenwassergehalten bei der Verringerung der Niederschlagsmenge mit Ausnahme der Bodengroßlandschaften (BGL) der Berg- und Hügelländer großräumig zu erwarten. Dabei reagieren die Bodensubstrate insbesondere sensibel auf die Frühjahrstrockenheit. Der Bodenwassergehalt hat eine hohe Aussagekraft bezüglich des klimabeeinflussten Bodenwasservorrates (Niederschlag, Temperatur usw.) und kann als Indikator für deren langfristige Entwicklung genutzt werden. Generell ist jedoch die zeitliche Variabilität des Indikators Bodenwassergehalt hoch. Infolgedessen sind zuverlässige Trendaussagen erst nach langen Zeiträumen möglich.

Die Grundidee des langfristigen BDF-Messprogramms kann sehr sinnvoll durch kurzfristige spezielle Untersuchungen (z. B. Auswirkungen von extremen Wetterereignissen) ergänzt werden.

3.4 Literatur

BARTH, N.; KARDEL, K; FORBERG, H. (2011): Boden-Dauerbeobachtung – Stoffvorratsänderungen im Boden am Beispiel des organischen Kohlenstoffs. – In: Grundwasser-Altlasten-Boden Aktuell, LfULG-Schriftenreihe, Heft 45/2011
 DIN 19683-5 (1973): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichem Wasserbau– Physikalische Laboruntersuchungen – Bestimmung der Saugspannung des Bodenwassers
 KA 5 (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung - 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover 2005

4 Branchenblätter zur Altlastenbehandlung

Christina Lausch; Antje Sohr – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Jan Becker – TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten

Die branchenbezogenen Merkblätter zur Altlastenbehandlung in Sachsen dienen der Einschätzung der Altlastenrelevanz einer Verdachtsfläche, deren Nutzung einer bestimmten Branche zugeordnet wird. Diese Merkblätter sind Grundlage einer entsprechenden Gefährdungsabschätzung. Eine einzelfallbezogene Anpassung muss in jedem Fall erfolgen. Im Folgenden wird das neue Branchenblatt Schrottplätze/Autoverwertung kurz vorgestellt und außerdem eine Empfehlung zur Nutzung der Branchenblätter aus Schleswig-Holstein gegeben.

Sachsen, Branchenbezogenes Merkblatt 21 - Schrottplätze/Autoverwertung

Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Februar 2012) wurde die Branche „Schrottplätze/Autoverwertung“ hinsichtlich der Altlastenrelevanz untersucht. Im Ergebnis entstand ein branchenbezogenes Merkblatt, das als Grundlage für Gefährdungsabschätzungen von ehemaligen Schrottplätzen/Autoverwertung dienen kann. Es ist als Branchenblatt 21 unter http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/21_Schrottplatz_Autoverwertung.pdf verfügbar.

Eine Recherche im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) ergab 356 Flächen/Teilflächen der Branche 2090 „Schrottplätze/Autoverwertung“. Für das Branchenblatt erfolgten umfassende Recherchen der erstellten Gutachten der Orientierenden Untersuchung (OU) und Detailuntersuchung (DU), der Sanierungsuntersuchungen (SU) und der Sanierungen (SAN) aus dieser Branche. Weitere Informationen wurden durch Befragung von Zeitzeugen erhalten. Mit der deutschen Wiedervereinigung kam es zu großen Veränderungen in dieser Branche. Das konnten Schrottplatzbetreiber, die vor und nach 1990 aktiv waren, eindrucksvoll beschreiben.

Im Folgenden werden Auszüge aus dem Branchenblatt wiedergegeben.

Autoverwertungen zerlegen, zerkleinern, sortieren und pressen (hydraulische Pressen) ggf. unbrauchbare Automobile. Zudem werden wiederverwertbare Teile wie z. B. Automobilaggregate gereinigt und für den Weiterverkauf gelagert. Schwerpunkt der Automobilverwerter in der DDR war i. d. R. der An- und Verkauf von Gebrauchtteilen. Ausgediente Fahrzeuge dienten als Ersatzteillieferer oder als Grundlage für den Neuaufbau eines Fahrzeuges. Wichtige Gebrauchtteile lagerten demnach nicht unter freiem Himmel, sondern wurden überdacht zum Schutz von Rost gelagert. Auch enthielten die Fahrzeuge nur noch wenige Betriebsflüssigkeiten, die die Umwelt schädigen konnten.

Schrottplätze dienen der Sammlung, Lagerung und Vorsortierung von Altmetallen, Metall- und Schrottteilen aller Art. Auch wurden bzw. werden z. T. ganze Geräte und Baugruppen entgegengenommen und in ihre Einzelteile zerlegt.

4.1 Technologie

Ein Auto wurde beim Autoverwerter unterschiedlichen Prozessen unterzogen:

- Fahrzeugannahme
- Demontage der Gebrauchsteile (Anlasser, Getriebe, Stoßdämpfer etc.)
- Trockenlegung des Fahrzeuges (Entfernung der Betriebsstoffe)
- Lagerung der Wracks auf Schrottplätzen für ggf. weitere Demontage

Je nach Gewissenhaftigkeit der Arbeiten wurden Schadstoffe aufgefangen oder freigesetzt. Hierbei muss der Umgang mit Betriebsflüssigkeiten (u. a. Benzin, Diesel, Bremsflüssigkeit, Kühlwasser) und Schmierfetten betrachtet werden. Weiterhin muss geklärt werden, ob die Betriebe einen Schlammfang und einen Ölabscheider besaßen, in dem übergelaufene Flüssigkeiten

aufgefangen wurden. Die Lagerung von ölverschmutzten Motoren und Getrieben, Bleiakкумуляtoren mit Akkusäure, Buntmetallen, Kabelschrott und verschiedenen Kunststoffen kann eine Gefährdung des Bodens und Wasser zur Folge haben.

Ein Schrottplatz wird allgemein in folgende Bereiche gegliedert:

- Annahmebereich mit Waage
- unüberdachte Ablagenbereiche für verschiedene Schrottarten (u. a. Eisenmetalle, Buntmetallschrott, Metallspäne)
- überdachte Lagerhallen für anfällige Schrottarten oder Flüssigkeiten
- Hydraulikpresse
- Büro-, Sozialräume, Sanitäranlagen

4.2 Altlastenrelevante Schadstoffe

Die am häufigsten zu erwartenden Schadstoffe auf diesen Altstandorten sind Mineralöle, weitere Kohlenwasserstoffverbindungen und Schwermetalle. Die Flächen von Autoverwertungen haben dabei ein größeres Potenzial, mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und Betriebsstoffen belastet zu sein.

Als typische Entfettungsmittel eingesetzte LHKW waren Trichlormethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen. Als Hydrauliköle wurden Di- und Triglykole bzw. als Bremsflüssigkeit Glykol eingesetzt.

Tabelle 1: Zuordnung Technologiebereich und Schadstoffe (Autoverwertung)

Bereich	Tätigkeit	Schadstoffe
Annahmebereich	Anlieferung von Fahrzeugen durch betriebseigene Abschleppfahrzeuge oder Vertragspartner; Abstellen der Fahrzeuge	MKW, BTEX
Entsorgungsbereich	Abholen eines Kfz vom Annahmebereich; Entnahme der flüssigen Betriebsstoffe wie Motoren- und Getriebeöl, Kraftstoff, Kühl- und Bremsflüssigkeit; Ausbau der Batterie und des Ölfilters; Demontage verwertbarer Ersatzteile	MKW, LHKW, Glykole, PCB, PAK, H ₂ SO ₄ , Blei, Antimon, Cadmium, Zinn, Arsen
Zwischenlager	Fläche zur Lagerung der flüssigkeitsentsorgten Kfz-Wracks	MKW, Glykole
Betriebsmittellager	Lager für aus dem Kfz entnommene Betriebsmittel, Ölfilter und Batterien; Umfüllen der einzelnen entnommenen Flüssigkeiten vom Auffangbehälter in separate Sammelbehälter	MKW, LHKW, Glykole, PCB, H ₂ SO ₄ , Blei, Antimon, Cadmium, Zinn, Arsen
Reifenlager	Lager für demontierte Reifen und Felgen der Kfz	
Lagergebäude	Lagerung von ausgebauten Kfz-Teilen für den Weiterverkauf	MKW, BTEX
Lagerfläche	Lagerung größerer Gebrauchsteile der Kfz wie Karosserieteile, Scheiben und Stoßdämpfer	je nach Lagerung
Schlammfang, Leichtflüssigkeits- und Ölbehälter	Auffangen von Öl, Benzin und Diesel	MKW, PCB
Büro- und Sozialräume	Organisation des Betriebes und Aufenthalt der Mitarbeiter	

Tabelle 2: Zuordnung Schrottart und Schadstoffe (Schrottplätze)

Schrottart	Verunreinigungen
Metallspäne	Schneidöle (MKW, CKW); Emulsionen (AOX-haltig), Cyanide
Maschinengussbruch	Hydraulik- und Getriebeöl
Schrott aus Kaltumform- und Schmiedebetrieben	Umformöle (MKW)
Elektronikschrott, Trafos, Kondensatoren	PCB, Quecksilber, Kupfer
Stanzschrott	Stanzöle (AOX-haltig)
Verbrennungsmotoren	MKW

4.3 Altlastenrelevanz

Die langjährige Verwertung von Fahrzeugen auf einer Fläche führte nicht zwangsläufig zu einer Verunreinigung des Bodens, von der eine Gefährdung für Mensch und Umwelt ausgeht. Aufgrund der geringen Fahrzeugdichte und der Schwierigkeit einer Neubeschaffung hatten die Gebrauchtwagen oft einen höheren Preis als Neuwagen. So sind zu DDR-Zeiten i. d. R. nur vollkommen defekte Fahrzeuge zu den Verwertungsbetrieben gelangt. Kraftstoffe und Öle waren daher bei Ankunft bei den Verwertern kaum noch enthalten. Prinzipiell gab es für das Abtrennen von Ölen und anderen Betriebsmitteln speziell installierte Auffangbecken. Diese zumeist gemauerten oder aus Beton gegossenen Becken wurden oft aufgrund von Verwitterung, Wurzelwuchs und Bodenbewegungen undicht.

Schrottplätze können je nach Umfang und Verschmutzung der angenommenen Teile eine mehr oder minder starke Kontamination des Bodens hervorrufen. Die Teile wurden meist auf unbefestigtem Gelände gesammelt, sodass noch enthaltene oder anhaftende Betriebsstoffe/Schadstoffe ungehindert direkt oder mit dem Niederschlagswasser in den Boden entweichen konnten.

Produzierende Betriebe nutzten oftmals einen kleineren Bereich ihres Betriebsgeländes für Schrottablagerungen. Diese Teilbereiche fallen zwar unter die Branche 2090, weisen jedoch zumeist nicht die schrottplatztypischen Schadstoffe auf. Relevant sind dort insbesondere die in der Produktion eingesetzten Stoffe und Chemikalien. Auch ist zu beachten, dass zwei unterschiedliche Flächennutzungen in der Branche 2090 zusammengefasst sind. Eine Autoverwertung hatte nicht zwangsläufig einen Schrottplatz auf dem Betriebsgelände und ein Schrottplatzbetreiber nahm nicht unbedingt Altautos auf seinem Gelände auf und verwertete sie. So kann sich das Schadstoffspektrum auf Flächen, die derselben Branche (2090 Autoverwertung/Schrottplätze) zugeordnet sind, unterscheiden.

Die wesentlichen Schadstoffgruppen, die eine Gefährdung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser hervorrufen können, sind bei den Branchen Schrottplätze und Autoverwertung insbesondere MKW und Schwermetalle sowie ggf. weitere Stoffe wie PAK, PCB, LHKW. Die Flächen der Autoverwertungen besitzen dabei ein größeres Schadstoffpotenzial als die Schrottplätze.

Schleswig-Holstein, Branchenblätter

Das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) hat mehr als 30 Branchenblätter als Hilfestellung für die Altlastenuntersuchung erarbeitet. Ihre Nutzung wird durch das LfULG, ergänzend zu den in Sachsen vorliegenden Branchenblättern, empfohlen.

Folgende Branchenblätter sind veröffentlicht (Altlasten Leitfaden Erfassung Band 2, LLUR), eine Interneteinstellung ist geplant:

- Anlagenbau
- Apparatebau

- Bekleidungsbetriebe
- Böttcherei
- Dreherei
- Fahrzeugbau
- Feinmechanische Werkstätten
- Galvanische und Feuermetallindustrie
- Gießerei
- Kraftfahrzeugwerkstätten
- Kühlerbau
- Kupperei
- Lackiererei
- Malerei
- Maschinenfabriken
- Metallschleiferei
- Metallwarenfabriken
- Öl- und Margarinefabriken
- Schiffswerften und Schiffsreparaturbetriebe
- Schlosserei
- Schmiede
- Stahlbau
- Tischlerei
- Tuchfabriken
- Werkzeugfabriken
- Wollwäschereien und Hautwollfabriken
- Zimmerei

Folgende Branchenblätter werden derzeit erarbeitet:

- Chemische Reinigungen
- Bettfederreinigungen
- Matratzenreinigung
- Teppichreinigung
- Metallwerke
- Druckereien
- Gartenbereich (geplant)

Ansprechpartner für die Branchenblätter in Schleswig-Holstein ist Dr. Ulrike Ströh-Neben
(E-Mail: Ulrike.Stroeh-Neben@llur.landsh.de).

5 Langzeitverhalten und Nachnutzungskonzeption für den Modellstandort "Ehem. Sonderabfalldeponie Göda-Buscheritz"

Matthias Hoyer - Technische Universität Dresden (Diplomarbeit¹)

Deponien mit gefährlichen Abfällen stellen mit voraussichtlich Jahrhunderte währenden Nachsorgepflichten eine kaum zu bewältigende Herausforderung für Kommunen dar. Einer nachhaltigen Nachnutzungsrealisierung kommt dabei eine Schlüsselbedeutung zu. Neben einer Neubewertung des Gesamtzustandes einer Deponieanlage sind je nach Art der Folgenutzung auch weitere Vorteile z. B. in der Reduktion der Nachsorgekosten oder einer gesellschaftlichen oder landschaftlichen Aufwertung zu sehen.

Das Hauptziel der Diplomarbeit bestand in der Entwicklung eines realisierbaren Standortkonzeptes für die Altablagerung Göda-Buscheritz. Dabei sollten möglichst alle notwendigen Einflussfaktoren zur Nachnutzung von Deponien zusammengetragen und für den Standort entsprechend erhoben und bewertet werden. Im Ergebnis konnte ein Konzept mit neuer Anlagensicherungstechnik und der Nutzung regenerativer Energien über eine Photovoltaikanlage erarbeitet werden. Dabei konnten neue Erkenntnisse

- zur Standortsicherheit von in der Nachwendezeit sanierten Deponien,
- zum Reaktionsverhalten von teils gefluteten Deponien mit Sonderabfällen und
- zu Anforderungen an eine Nachnutzung mit baulichen Anlagen auf Deponiestandorten

gewonnen werden, welche auch für andere Standorte von Bedeutung sein können.

Standortgeschichte

Die ehemalige Sonderabfalldeponie Göda-Buscheritz ist eine für Südsachsen typische Altablagerung in einem kesselförmig angelegten Steinbruch im Landkreis Bautzen. Nach Beendigung der Gewinnung von Werksteinen nutzte man den Steinbruch (Abbildung 1) ab dem Jahr 1978 ohne künstliche Dichtungsmaßnahmen als Schadstoffdeponie mit Sonderabfällen höchster Kategorie für den Gesamtbezirk Dresden.



Abbildung 1: Stillgelegter Granodiorit Steinbruch Göda-Buscheritz im Jahr 1978

¹ HOYER, M. (2011): Nachnutzungskonzeption für eine Altablagerung im Freistaat Sachsen. Prüfung des Langzeitverhaltens und Einführung in die Nachnutzungsphase am Beispiel des Modellstandortes der ehemaligen Sonderabfalldeponie Göda-Buscheritz. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden

Neben für die DDR typischen Ascheablagerungen kamen hoch toxische Industrieabfälle und weitere Problemabfälle aus der Arzneimittelproduktion, Lösemittelreste sowie Abfälle aus Havarien wie z. B. bei Tankwagenunfällen hinzu. Aufgrund in allen Maßen unzureichender Deponie- und Einlagerungstechnik der Abfälle stand nach der Schließung der Deponie primär eine Gefährdung über den Grundwasserpfad im Mittelpunkt der Betrachtung. Die daraus resultierende Brisanz erbrachte eine Aufnahme in das Modellstandortprogramm von Sachsen.

Ab dem Jahr 1991 wurden umfangreiche Arbeiten zur Erkundung und möglichen Sanierung der Altdeponierung in Angriff genommen. Dabei entstand u. a. ein Deponiepegel im Zentrum der Deponie zur Deponiewassersanierung und -analyse. Dazu wurde ein Grundwassermessstellennetz im weiteren Deponieumfeld zur Ermittlung potenziell gefährlicher Schadstoffmigrationen aus dem Deponiekörper eingerichtet. Über den Deponiepegel und einen Infiltrationsbrunnen wurde eine Sanierungsanlage betrieben, welche bis zum Jahr 2005 kontinuierlich Wasser aus dem Deponiekörper förderte.

Dazu wurden umfangreiche Abfall-, Deponiegas-, Festgesteins- und Wasseruntersuchungen durchgeführt. Mit innovativen Erkundungstechnologien wie Geophysik und Geoelektrik konnten Wasserwegsamkeiten in und aus dem Deponiekörper nachgewiesen werden. Besondere Aufmerksamkeit galt dem hoch anstehenden Wasser im Deponiekörper, dessen Austritt über die Geländeoberkante unbedingt vermieden werden sollte.

Infolge des hohen Gefährdungspotenzials für Schutzgüter wurde im Jahr 1996 eine mineralische Deponieoberflächenabdichtung aufgebracht, welche die Abbildung 2 schematisch darstellt.

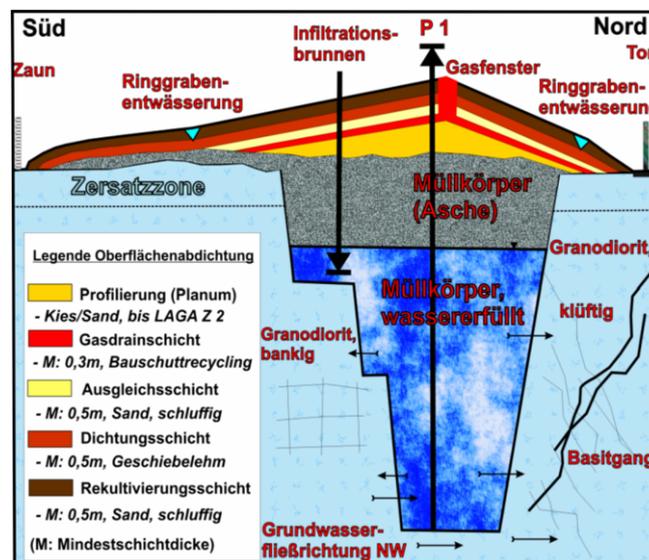


Abbildung 2: Anlagentechnik und mineralische Oberflächenabdeckung

Im Ergebnis der Arbeiten konnten hohe Deponiewasserbelastungen und Schadstoffmigrationen (LHKW, PAK, BTEX) über den Kluftgrundwasserleiter in den quartären Porengrundwasserleiter nachgewiesen werden. Mit Beginn der Nachsorgephase im Jahr 2005 sind relevante Schadstoffverunreinigungen nur noch im Deponiekörper nachweisbar, worüber keine alltagsbedingte Gefährdung für die Schutzgüter auf und um den Deponiekörper ermittelt wurde.

Untersuchungen innerhalb der Diplomarbeit

Zu den umwelttechnischen Arbeiten gehörten jeweils über 100 Boden- und Bodenluftanalysen aus Kleinrammbohrungen, Hand- und Baggerschürfen in und unter der mineralischen Abdeckung.

Anhand bodenkundlicher Parameter konnte eine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der einzelnen Schutzschichten der Oberflächenabdichtung festgestellt werden, welche einen verminderten Gasaustrag und einen erhöhten Sickerwassereintrag zur Folge haben. Über die Bodenluftuntersuchung wurden umweltrelevante Methangasbildungen im Deponiekörper nachgewiesen. Anhand von Wasserspiegelmessungen wurde ein Deponiewasserhöchststand ermittelt, welcher einen stetigen Weiteranstieg des Deponiewassers vermuten lässt.

Über die nachgewiesenen Beeinträchtigungen der Schutzeinrichtungen hinaus, konnten Systemzusammenhänge aus den ablaufenden Prozessen hergestellt werden. Im wassererfüllten Deponiekörper findet gegenwärtig eine sich stabilisierende Methanogenese statt. Dieser Sachverhalt ist für ehemalige Deponien der neuen Bundesländer untypisch, weil diese aufgrund fehlender organischer Abfallstoffe als inert betrachtet werden. Über die Auswertung der bisherigen Wasseranalysen konnten wesentliche Indizien für eine Methanbildung erst nach Jahrzehnten der Ablagerung und Oberflächenabdeckung gefunden werden.

Untersuchungen zur Nachnutzung von Deponiestandorten

Im Hinblick auf eine Folgenutzung mit baulichen Anlagen fand eine intensive Zusammenarbeit mit allen relevanten Fachbehörden, einem Planungsbüro und weiteren Beteiligten statt. Hierbei konnten publizierte Erkenntnisse zu den Risiken und Anforderungen an eine Nachnutzungsplanung für derartige Deponiestandorte erweitert werden. Die Abbildung 3 veranschaulicht durch ein Beziehungsgefüge, dass sich die Kriterien zur Bewertung der geeignetsten Nachnutzung (Kreise) dynamisch auf Veränderungen eines Faktors verhalten.

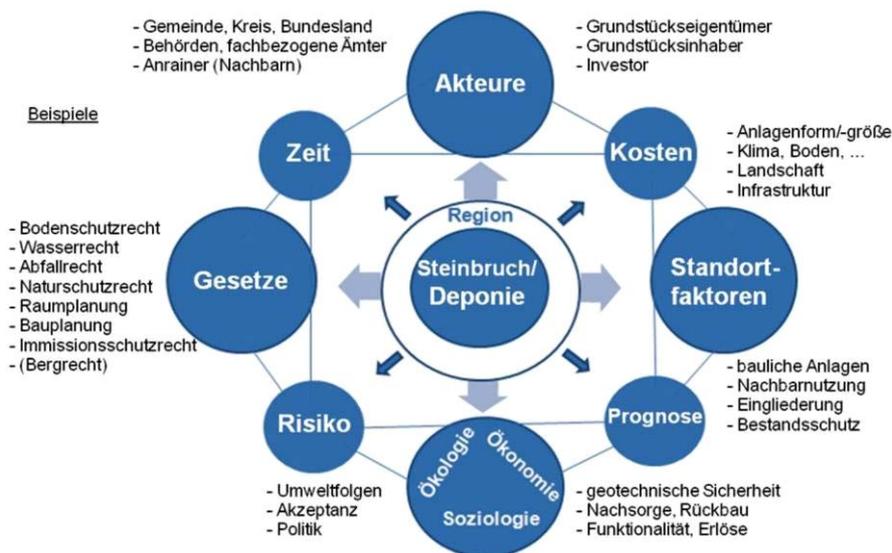


Abbildung 3: Anforderungen an eine Nachnutzungskonzeption (Beispiel)

So sind z. B. kleine Anlagengrößen nicht per se für landwirtschaftliche Nutzungen unrentabel, wenn der Standort in benachbarte Ackerflächen eingegliedert werden kann oder Nutzungsarten über Gesetzesänderungen subventioniert werden.

Rechtlich sind auf Deponiestandorten alle vorstellbaren Nutzungsarten möglich, sofern sie die volle Funktionstüchtigkeit der Schutz- und Überwachungseinrichtungen nicht beeinträchtigen. Die Nachnutzung einer sanierten Altlast stellt vordergründig ein bauplanungs- bzw. bauordnungsrechtliches Problem dar. Daher müssen frühzeitig alle Umweltmedien, welche durch eine konkrete Nachnutzung berührt werden, durch Einholen einer fachrechtlichen Genehmigung Berücksichtigung finden. Je nachdem, um welche Art der Nachnutzung es sich handelt, sind neben der Beteiligung der Abfall- und Bodenschutzbehörde ggf. Behörden aus dem Raumordnungs-/Baurecht, Immissionsschutzrecht, Naturschutzrecht und Wasserrecht zu beteiligen. Für bauliche Anlagen werden die genannten Aspekte durch Aufstellung eines Bebauungsplanes mit integriertem Umweltbericht vorgeschrieben. Vom Aufstellungsbeginn bis zur Bewilligung des B-Planes muss eine Bearbeitungszeit bis zu einem Jahr und darüber hinaus einberechnet werden.

Das Nachnutzungskonzept

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde vorrangig unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Anlagenzustandes und im Vergleich am Standort möglicher Folgenutzungen ein Konzept zur

- Sicherung der Anlage mit einer Ertüchtigung der Oberflächenabdeckung,
- weitgehenden Erhaltung bereits bestehender schützenswerter Natur und
- wirtschaftlichen Nutzung von Solarstrom über Photovoltaikmodule erarbeitet.

Die entstehenden Sanierungs- und Nachsorgekosten könnten auch mit den zusätzlichen finanziellen Aufwendungen für eine Solaranlage langfristig neutralisiert werden, weil das nutzbare Energiepotenzial am Standort entsprechend hoch ist. In der Abbildung 4 sind die konzipierten Maßnahmen enthalten.

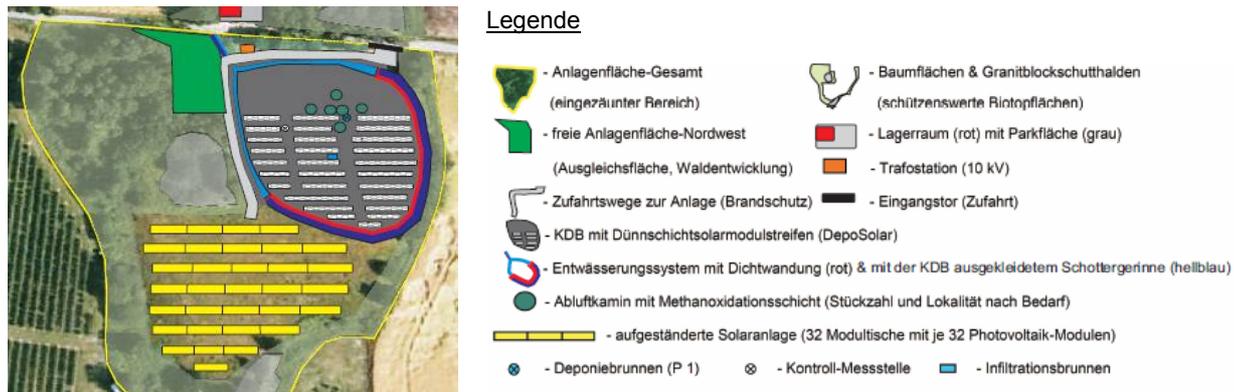


Abbildung 4: Nachnutzungskonzept Göda-Buscheritz

Die vorhandenen Waldflächen am Standortrand bleiben erhalten. Die kuppelförmig aufgebrachte Oberflächenabdeckung wird durch eine Kunststoffdichtungsbahn mit Photovoltaikstreifen und einem veränderten Entwässerungssystem ergänzt. Auf der südlichen Anlagenfläche wird eine aufgeständerte Solaranlage zur Energieerzeugung und anschließenden Netzeinspeisung betrieben.

Zukunftsperspektiven am Standort und Ausblick

Neben den notwendigen Ertüchtigungsmaßnahmen am Standort sind zur Realisierung des vorgestellten Konzeptes wesentliche finanzielle und eigentumsrechtliche Hürden zu nehmen, welche nur mit einer aktiven Zusammenarbeit aller betreffenden Akteure überwunden werden können.

Die am Standort gewonnenen Erkenntnisse und sich daraus ergebende Fragestellungen bieten ein hohes Potenzial für weitere wissenschaftliche Tätigkeiten am Standort, u. a. in folgenden Bereichen:

- Erkundungen zum Wasser- und Gashaushalt
- GW-Monitoring mit ausgewählten NA-Parametern
- Reaktionsverhalten im Deponiekörper
- Präzisierung der Nachnutzungskonzeption

Allein im sächsischen Raum existieren hunderte von Altablagerungen in Steinbrüchen, welche in der Altlastenbearbeitung zum Teil noch rückständig sind. Die gewonnenen Kenntnisse zum Deponiezustand können für gleichartige Abfallablagerungsplätze verwendet werden. Vor allem abgedeckte Sonderabfalldeponien sollten bezüglich ablaufender Reaktionsprozesse hinsichtlich einer zu erwartenden Methanogenese im wasserbeeinflussten Deponiekörper überprüft werden.

Eine Übertragung des Nachnutzungskonzeptes auf andere Standorte ist, weil standortbezogen, kaum möglich. Die Kenntnisse zu den Risiken und Anforderungen an eine Nachnutzung sowie die verfahrensrechtliche Vorgehensweise mit der Datenerfassung kann auch für andere Lokalitäten genutzt werden.

6 Sächsisches Altlastenkataster - Statistische Auswertung 2012

Sabine Gruhne – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Auswertung Sachsen

Im Sächsischen Altlastenkataster sind mit Stand Mai 2012 22.414 Altablagerungen, Altstandorte und Militärische Altlasten enthalten, die in 31.156 Teilflächen untergliedert sind. Im Archiv zum Sächsischen Altlastenkataster befinden sich 6.083 Flächen mit insgesamt 7.816 Teilflächen. Nach den einzelnen Flächenarten verteilt sich der Anzahl wie folgt:

Tabelle 1: Anzahl der Flächen und Teilflächen in Sachsen (Stand Mai 2012)

Flächenart	Anzahl Flächen/Teilflächen	Anzahl Flächen/Teilflächen (Archiv)
Altstandort (AA)	14.060/21.088	4.710/5.753
Altablagerung (AA)	7.928/8.367	1.285/1.329
Militärische Altlasten (MR)	426/1.701	88/734

Nach der Erfassung der Standorte erfolgt eine stufenweise Bearbeitung entsprechend Bundesbodenschutzgesetz. Die Bearbeitung wird unterteilt in die Stufen

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

Im Ergebnis jeder Stufe wird ein Handlungsbedarf festgelegt, der den weiteren Umgang mit der Fläche bestimmt.

- Ausscheiden (A): Im Rahmen der Erkundung wurde kein Handlungsbedarf mehr festgestellt oder im Rahmen der Sanierung erfolgte die vollständige Dekontamination, die Fläche wird nur noch im Archiv des SALKKA geführt.
- Belassen (B): Im Rahmen der Erkundung wurde bei der derzeitigen Nutzung kein Handlungsbedarf festgestellt oder trotz Sanierung der Altlast ist die Fläche noch nicht uneingeschränkt nutzbar.
- Erkunden/Sanierungsuntersuchung/Sanierung (E): Es sind weitere Maßnahmen nach BBodSchG erforderlich.
- Überwachen (C): Die Entwicklung der Schadstoffsituation bleibt unter Beobachtung oder nach der Sanierung ist eine weitere Überwachung der Fläche notwendig.
- Keine Angabe (k. A.): Nach der Formalen Erstbewertung erfolgt noch keine Angabe zum Handlungsbedarf; bei höheren Stufen liegt die Information teilweise nicht vor.

Insbesondere bei der Bearbeitung großer Altstandorte ergeben sich unterschiedliche Gefährdungssituationen in abgrenzbaren Bereichen der Gesamtfläche, sodass diese für die weitere Bearbeitung in Teilflächen untergliedert werden. Auf den gebildeten Teilflächen eines Standorts können Bearbeitungsstand und Handlungsbedarf variieren. Die Abbildung 1 zeigt deren aktuellen Bearbeitungsstand und Handlungsbedarf.

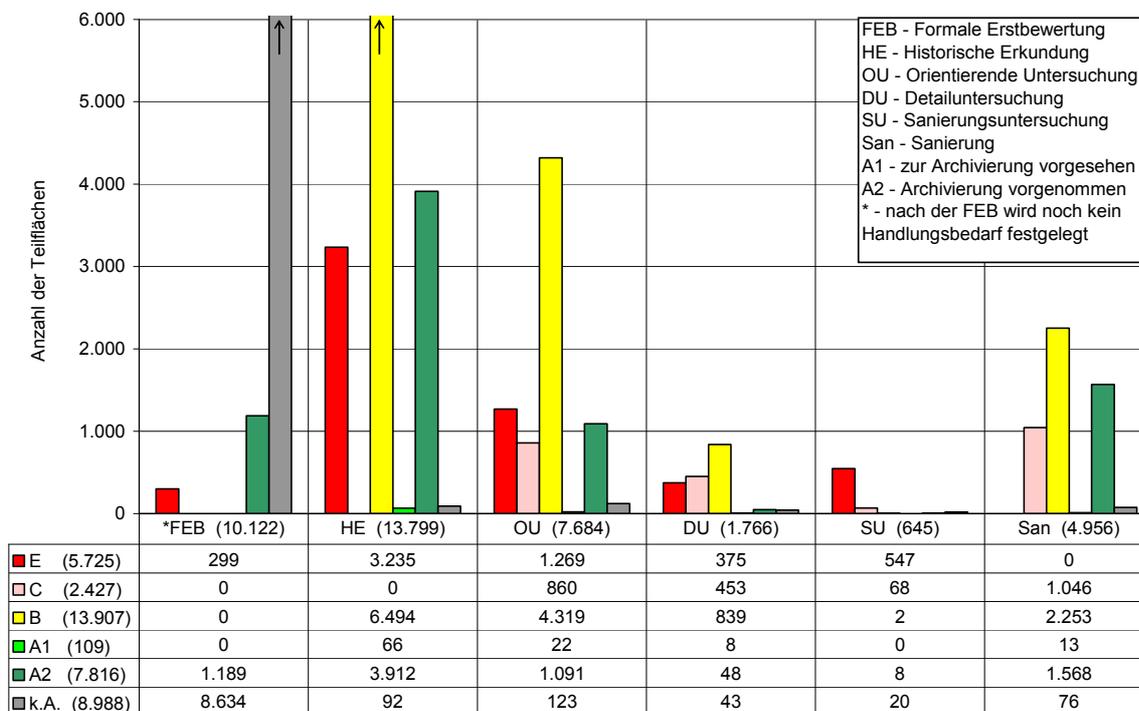


Abbildung 1: Bearbeitungsstand und Handlungsbedarf aller Teilflächen in Sachsen (Stand Mai 2012)

Die Abbildung verdeutlicht, dass der größte Anteil bei den Flächen mit den Bearbeitungsständen Historische Erkundung, Formale Erstbewertung und Orientierende Untersuchung liegt. Bei diesem Stand der Untersuchung ist die Gefährdungsabschätzung noch nicht abgeschlossen und die Entscheidung, ob eine Altlast vorliegt und saniert werden muss, ist noch nicht gefallen. Anhand des festgelegten Handlungsbedarfs ist aber auch erkennbar, dass von den wenigsten Flächen eine akute Gefährdung für die Umwelt ausgeht. Nur auf Flächen, bei denen die Fortsetzung der Untersuchungen bzw. die Sanierung notwendig ist, sind tatsächlich Maßnahmen erforderlich. Dazu kommen die Flächen, bei denen noch Überwachungsmaßnahmen laufen. Ergeben die Überwachungen, dass festgelegte Grenzwerte überschritten werden, sind auch hier Maßnahmen zur Abwendung der Gefährdung notwendig.

Zur besseren Darstellung des bereits erreichten Bearbeitungsstandes (Abbildung 2) wurden die Teilflächen anhand des Bearbeitungsstandes und des festgelegten Handlungsbedarfs zu folgenden Gruppen zusammengefasst:

- Altlastverdacht ausgeräumt: Die Untersuchungen haben den Verdacht nicht bestätigt; es sind keine Maßnahmen mehr vorzunehmen; Fläche wird nur noch im SALKA-Archiv geführt.
- ALVF derzeit ohne Handlungsbedarf: Bei der derzeitigen Nutzung besteht kein Handlungs- bzw. Untersuchungsbedarf; bei einer Änderung der Flächennutzung müssen eventuell erneut Maßnahmen ergriffen werden.
- ALVF mit Handlungsbedarf: Auf der Fläche besteht Handlungs- bzw. weiterer Untersuchungsbedarf zur Gefährdungsabschätzung.
- Altlast: Der Sanierungsbedarf wurde festgestellt.
- Sanierte Altlast: Die Sanierung wurde abgeschlossen; ggf. besteht noch Überwachungsbedarf.

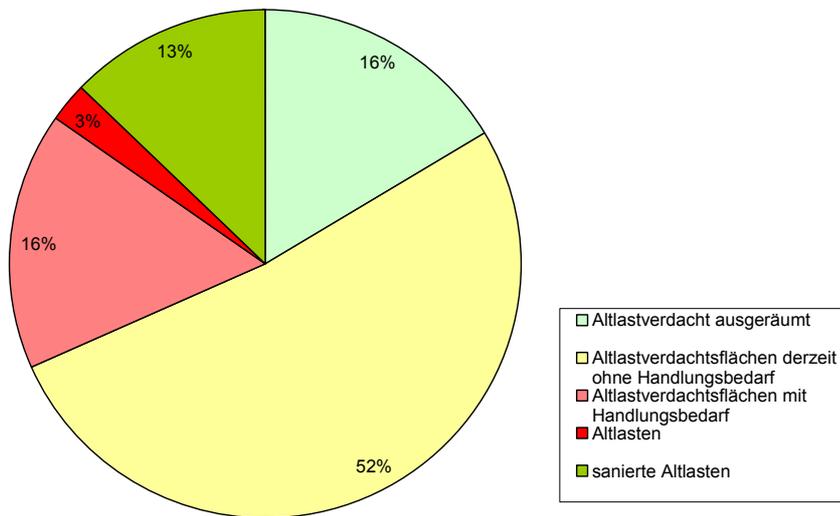


Abbildung 2: Stand der Altlastenbearbeitung (Stand Mai 2012)

Bei altlastverdächtigen Flächen mit Handlungsbedarf ist die abschließende Gefährdungsabschätzung durch die zuständige Behörde zu veranlassen. Dies betrifft insgesamt 6.374 Teilflächen. Auf altlastverdächtige Flächen ohne Handlungsbedarf (20.286 Teilflächen) können Maßnahmen zur Gefährdungsabschätzung nötig werden, wenn Baumaßnahmen oder Flächennutzungsänderungen vorgenommen werden. Die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen ist derzeit auf 1.012 Teilflächen festgestellt. Bisher konnten auf 4.956 Teilflächen die Sanierungen abgeschlossen werden.

Auswertung Landkreise

Die im Sächsischen Altlastenkataster enthaltenen Flächen und Teilflächen verteilen sich auf die einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte unterschiedlich. Das ist im Wesentlichen auf unterschiedliche wirtschaftliche Entwicklungen in der Vergangenheit zurückzuführen. So sind in den ehemaligen industriellen Zentren verstärkt Altstandorte anzutreffen, während in den ländlich geprägten Regionen der Anteil der Altablagerungen an der Gesamtanzahl der Flächen höher ist.

Tabelle 2: Anzahl der Flächen und Teilflächen in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten Sachsens (Stand Mai 2012)

Landkreis/kreisfreie Stadt	Anzahl der Flächen				Anzahl der Teilflächen			
	AA	AS	MR	Gesamt	AA	AS	MR	Gesamt
Bautzen	1.345	905	50	2.300	1.419	2.126	263	3.808
Chemnitz, Stadt	211	608	23	842	301	1.133	52	1.486
Dresden, Stadt	295	1.258	24	1.577	321	1.511	99	1.931
Erzgebirgskreis	581	1.218	30	1.829	610	1.743	53	2.406
Görlitz	831	1.395	30	2.256	849	2.302	137	3.288
Leipzig	666	1.056	38	1.760	712	1.411	134	2.257
Leipzig, Stadt	213	1.581	24	1.818	232	2.632	179	3.043
Meißen	719	1.237	56	2.012	741	1.811	484	3.036
Mittelsachsen	763	1.222	30	2.015	796	1.551	50	2.397
Nordsachsen	581	614	62	1.257	601	947	146	1.694
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	676	857	14	1.547	688	1.187	33	1.908

Landkreis/kreisfreie Stadt	Anzahl der Flächen				Anzahl der Teilflächen			
	AA	AS	MR	Gesamt	AA	AS	MR	Gesamt
Vogtlandkreis	520	766	30	1.316	533	1.065	42	1.640
Zwickau	527	1.343	15	1.885	564	1.669	29	2.262
Freistaat Sachsen	7.928	14.060	426	22.414	8.367	21.088	1.701	31.156

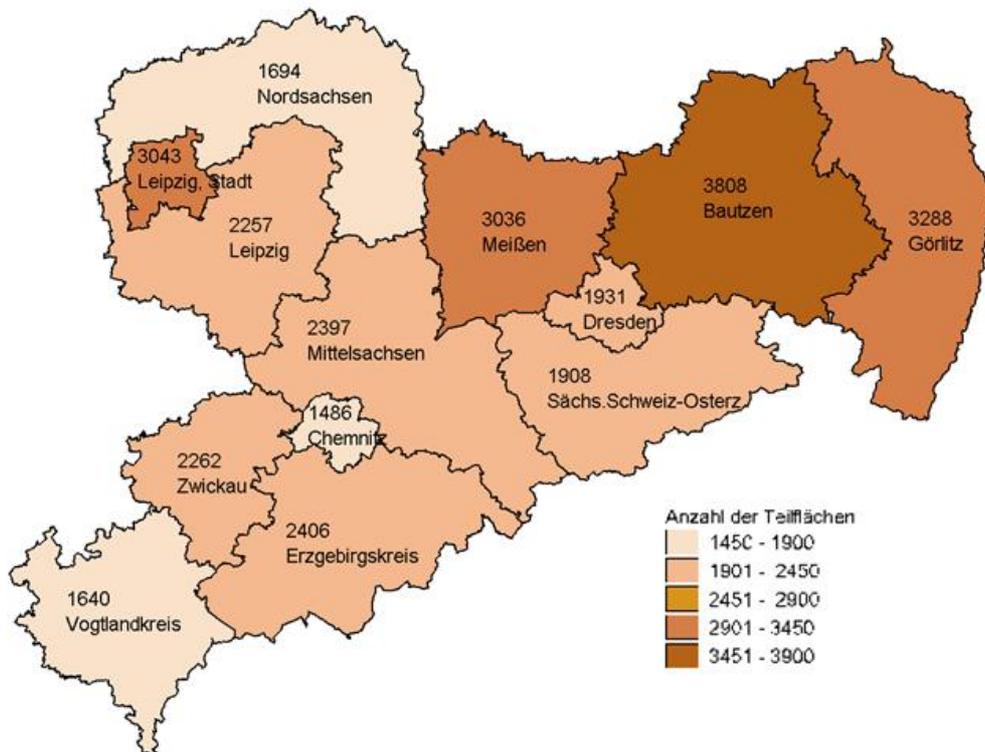


Abbildung 3: Verteilung der Teilflächen in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten Sachsens (Stand Mai 2012)

In der Tabelle 2 sind die Summen der pro Landkreis und Flächenart erfassten Anzahl der Flächen/Teilflächen vermerkt. Die Verteilung der Anzahl der Teilflächen auf die einzelnen Landkreise/kreisfreien Städte zeigt außerdem Abbildung 3.

Die größte Anzahl besitzt der flächenmäßig größte Landkreis Bautzen, gefolgt von den Landkreisen Görlitz und Meißen sowie der Stadt Leipzig. Berücksichtigt man die zur Verfügung stehende Fläche, treten die kreisfreien Städte mit den höchsten Konzentrationen hervor. Es wurden für die Stadt Leipzig 6,1; für die Stadt Dresden 4,8 und für die Stadt Chemnitz 3,8 Teilflächen pro km² ermittelt.

Bei allen Landkreisen/kreisfreien Städten überwiegt die Anzahl der Altstandorte. In den kreisfreien Städten ist der Anteil der Altstandorte deutlich erhöht. In der Stadt Leipzig sind 86 % aller Teilflächen Altstandorte, in der Stadt Dresden sind es 78 % und in Chemnitz 76 %.

Die Landkreise mit dem höchsten Anteil von Altablagerungen auf ihrem Gebiet bezogen auf die Gesamtanzahl ihrer Teilflächen sind Bautzen mit 37 %, Sächsische Schweiz-Ostert. mit 36 % und Nordsachsen mit 35 %.

Die Militärischen Altlasten sind insgesamt von geringerer Anzahl, jedoch ist ihre Bedeutung wegen des Gefährdungspotenzials und der Flächengröße nicht zu vernachlässigen. Den größten Anteil weisen die Landkreise Meißen (16 %), Nordsachsen (9 %) und Bautzen (7 %) auf.

Die Zuordnung zu den Gruppen altlastverdächtige Fläche (ALVF), Altlast (AL) und sanierte Altlast erfolgt entsprechend dem Bearbeitungsstand und dem festgelegten Handlungsbedarf. Tabelle 3 und die nachfolgenden Abbildungen 4 bis 6 zeigen die Verteilung dieser Gruppen auf die einzelnen Landkreise/kreisfreien Städte.

Tabelle 3: Anzahl der Teilflächen nach Kategorien in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten Sachsens (Stand Mai 2012)

Landkreis/kreisfreie Stadt	Ohne Archiv				Archiv ³		Summe
	ALVF	Altlast	sanierte Altlast ¹	keine Altlast ²	keine Altlast	sanierte Altlast	
Bautzen	3.105	119	584	0	286	78	4.172
Chemnitz, Stadt	1.254	48	184	0	206	84	1.776
Dresden, Stadt	1.641	74	214	2	1.056	310	3.297
Erzgebirgskreis	2.096	80	226	4	582	120	3.108
Görlitz	2.810	95	373	10	353	85	3.726
Leipzig	1.834	142	278	3	800	50	3.107
Leipzig, Stadt	2.742	69	230	2	780	110	3.933
Meißen	2.674	53	307	2	313	514	3.863
Mittelsachsen	2.084	72	241	0	806	61	3.264
Nordsachsen	1.476	32	185	1	350	41	2.085
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	1.630	52	224	2	194	36	2.138
Vogtlandkreis	1.408	41	191	0	225	49	1.914
Zwickau	2.004	96	155	7	292	35	2.589
Freistaat Sachsen	26.758	973	3.392	33	6.243	1.573	38.972

¹ nutzungsabhängige Sanierung, Restrisiko bei Nutzungsänderung

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

³ kein Handlungsbedarf nach Gefährdungsabschätzung oder nutzungsunabhängige Sanierung

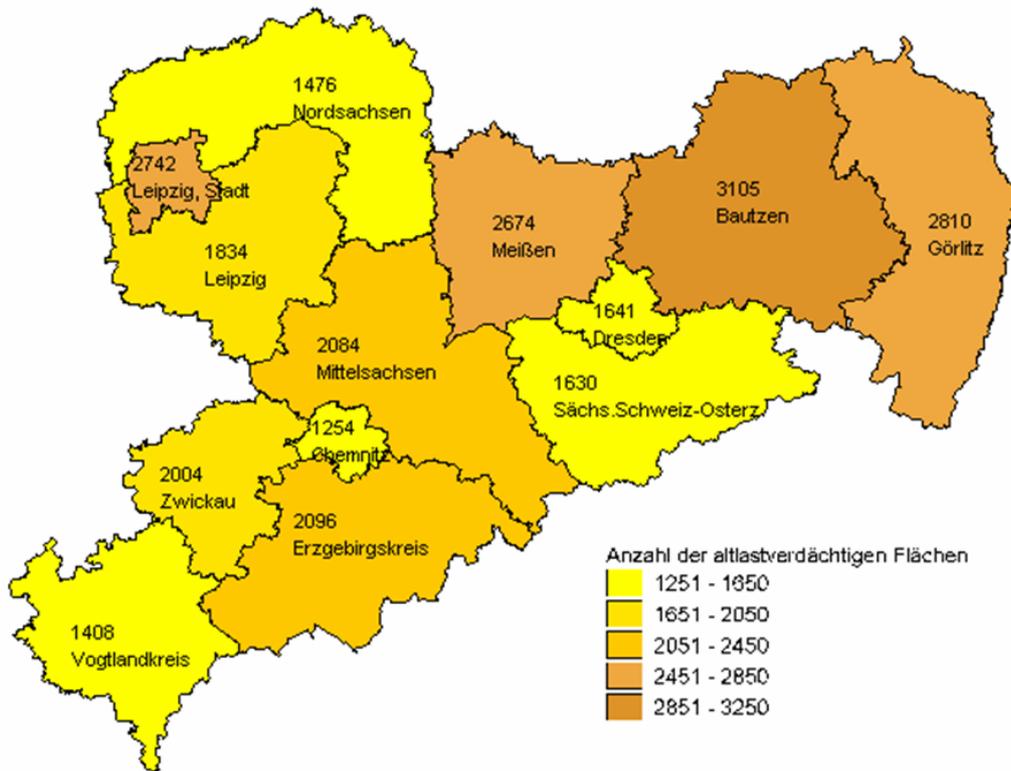


Abbildung 4: Verteilung der altlastverdächtigen Flächen in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten Sachsens (Stand Mai 2012)

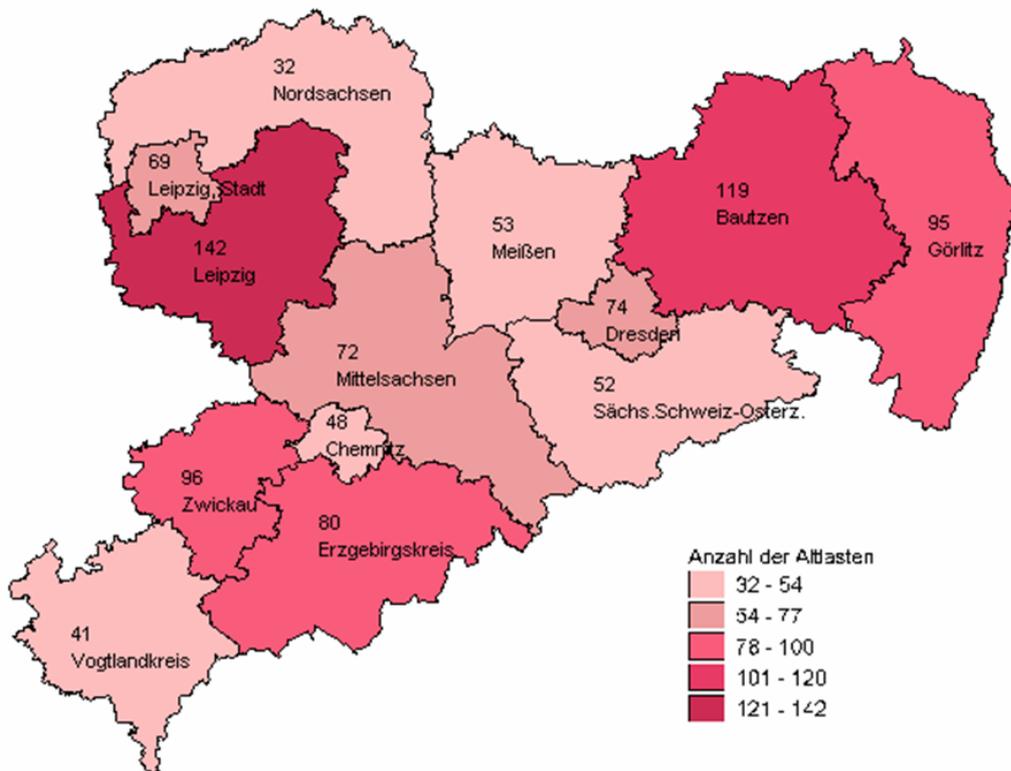


Abbildung 5: Verteilung der Altlasten in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten Sachsens (Stand Mai 2012)

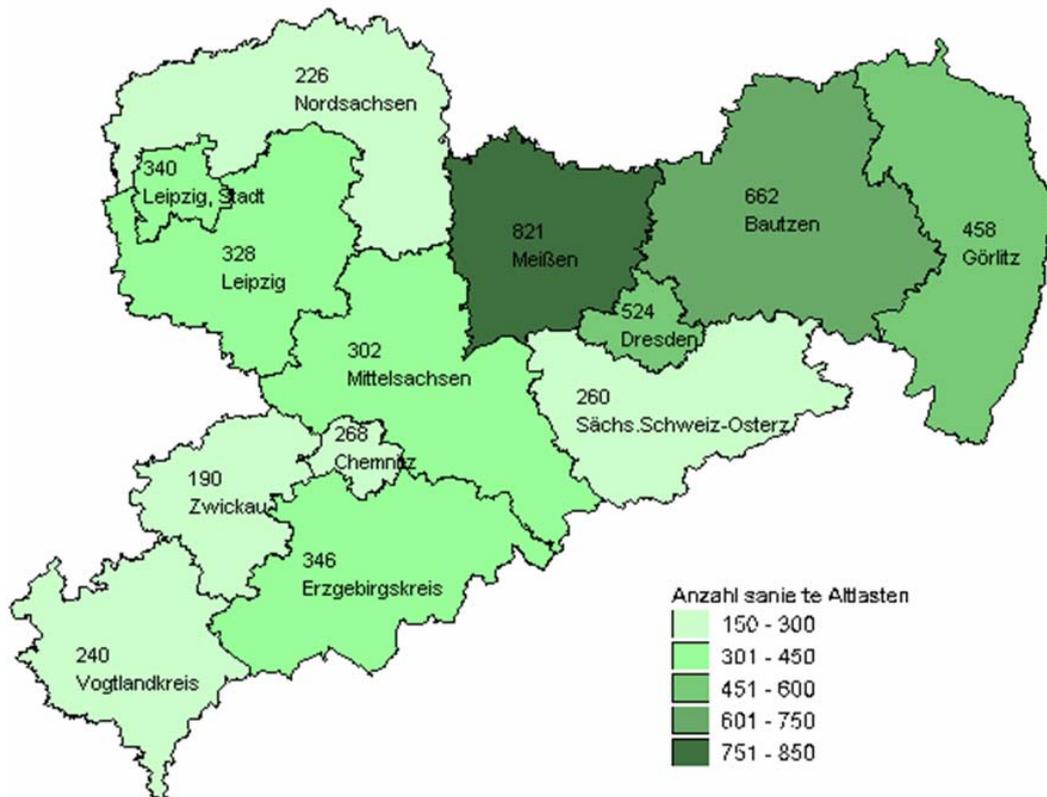


Abbildung 6: Verteilung der sanierten Altlasten in den einzelnen Landkreisen/kreisfreien Städten Sachsens (Stand Mai 2012)

Die Darstellungen zeigen in den Landkreisen Bautzen, Görlitz, Meißen und der Stadt Leipzig die größte Anzahl von altlastverdächtigen Flächen (Abbildung 4). Auf 76 % dieser Flächen besteht derzeit kein akuter Handlungsbedarf. Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdung sind dagegen auf den Teilflächen notwendig, die bereits als Altlast eingestuft wurden. Davon sind die meisten in den Landkreisen Leipzig (142), Bautzen (119) und Zwickau (96) bzw. Görlitz (95) erfasst (Abbildung 5). Bereits abgeschlossen wurden Sanierungsmaßnahmen am häufigsten in Meißen (821), Bautzen (662) und in der Stadt Dresden (524). Sanierte Altlasten verbleiben häufig auch nach einer Sanierung im aktiven Datenbestand. Nur wenn ein Restrisiko auch bei Nutzungsänderungen ausgeschlossen werden kann, gelangen sie ins Archiv des SALKKA. Bei rund 20 % aller sanierten Altlasten ist im Anschluss noch eine Überwachungsmaßnahme notwendig.

7 Weiterführung der mikrobiologischen Untersuchungen zur Klärung der Ursachen der hohen Ammoniumbelastung im Grundwasser auf der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten

Sabine Willscher, Doreen Knippert, Denise Kühn - TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten
Heiko Ihling - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Einführung und Darstellung des in der vergangenen Arbeitsetappe gewonnenen Erkenntnisstandes

Im Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten erfolgten Arbeiten zur Klärung des Prozessverständnisses bezüglich der im Untergrund ablaufenden mikrobiellen Aktivitäten und deren Beteiligung an der geschilderten Problematik der erhöhten Ammoniumkonzentrationen im Grundwasserkörper (GWK). In einer 1. Arbeitsetappe waren vorher verschiedene am Stickstoffumsatz beteiligte Bakteriengruppen und verschiedene Enzymreaktionen im Kippsubstrat quantifiziert worden.

In dieser 1. Arbeitsetappe waren verschiedene Stoffwechselgruppen von Mikroorganismen teufenorientiert quantifiziert worden und verschiedene enzymatische Untersuchungen vor allem zum N-Kreislauf durchgeführt worden. Zu den untersuchten MO-Gruppen zählten die aeroben heterotrophen Mikroorganismen als Übersichtscharakterisierung, heterotrophe Denitrifikanten, *Thiobacillus denitrificans* und Sulfatreduzierer. Mit diesen Testmethoden konnten zahlreiche der am N-Kreislauf beteiligten Mikroorganismen-Gruppen bzw. deren Aktivität erfasst werden. Auch die Aktivität verschiedener am N-Kreislauf beteiligter Enzyme (Urease, Phosphatase, Amidase) war untersucht worden, um die mögliche Herkunft des NH_4^+ im GWK zu prüfen [1].

Als Ergebnis dieser 1. Untersuchungsetappe wurde festgestellt, dass auch in tieferen Bereichen der Kippe höhere Keimzahlen an Mikroorganismen nachgewiesen werden, was auf den Abbau des kohligen Kippsubstrates hinweist. Die erhöhten Keimzahlen der heterotrophen Mikroorganismen waren bis zum Grundwasserleiter relativ gleichmäßig feststellbar und variierten mit dem Substratangebot, d. h. bei höherem Organikgehalt wurden höhere Keimzahlen nachgewiesen und bei geringerem Organikgehalt (stärkerer Sandanteil) entsprechend geringere Keimzahlen. Dies deutete auf ein relativ gleichmäßiges Mikroorganismenwachstum über den gesamten Teufenbereich durch den Abbau des kohligen Kippsubstrates hin. Bei einem stärkeren Eindringen von N-Verbindungen aus der Melioration hätte eine stärkere Zonierung der Keimzahlen zu beobachten sein müssen, mit einem Rückgang der Mikroorganismenzahlen in größeren Tiefen. Damit war ein wesentlicher Hinweis auf einen möglichen mikrobiellen Abbau des kohligen Kippsubstrates gegeben [1].

Bei der Untersuchung der Denitrifikanten wurden die höchsten Keimzahlen aller hier untersuchten Mikroorganismen-Gruppen festgestellt. Auch hier wurden die höchsten Keimzahlen in den tieferen Kippenbereichen mit kohligem Substrat beobachtet, was auch einen wesentlichen Hinweis auf einen Abbau des kohligen Substrates durch Denitrifikation gab sowie einen Hinweis auf ein erhöhtes, intermediäres Vorkommen von $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$. *Thiobacillus denitrificans* besaß in dieser Fläche jedoch keine hohe Bedeutung, vermutlich durch die Substratkonkurrenz mit den heterotrophen Denitrifikanten [1].

Als Ergebnis der Enzymmessungen war ermittelt worden, dass die Urease (zur Freisetzung von NH_4^+ aus Harnstoff) und die Phosphatase nur im Decksubstrat erwartungsgemäß eine hohe Aktivität besaßen; bereits in 1 m Tiefe waren diese Enzyme kaum noch aktiv. Ein organisches Substrat auf der Basis der Proteinzersetzung (z. B. organischer Dünger) konnte damit als Quelle des NH_4^+ ausgeschlossen werden. Im Gegensatz dazu zeigten die Amidasen im Untergrund eine erhöhte Aktivität, die auf Abbauprozesse im Kippsubstrat unter NH_4^+ -Freisetzung deutlich hinwies [1].

Ein Vergleich der Umsatzraten im N-Kreislauf hatte ergeben, dass Nitrifikanten die niedrigsten Aktivitäten aufwiesen und damit auch eine Hemmung im N-Kreislauf besteht. Die ermittelte Situation war also, dass NH_4^+ in erhöhtem Maße in Abbauprozessen

freigesetzt wird, während ein Abbau des NH_4^+ im Kippenkörper nur mit geringeren Umsatzgeschwindigkeiten abläuft, sodass es dadurch zu einer Akkumulation des NH_4^+ im Grundwasserleiter kommt [1].

In der 2. Arbeitsetappe sollte nun noch einmal der Abbau von kohligem Kippsubstrat durch eine Mikroorganismengemeinschaft deutlich nachgewiesen werden. Zu diesem Zweck wurden die bei den in der 1. Arbeitsetappe gewonnenen Mikroorganismenkulturen isoliert und eine Bestimmung dieser Organismen durchgeführt, um weitere Informationen zu ihren StoffwechsellLeistungen zu erhalten. Weiterhin wurden mit ausgewählten Mikroorganismen-Kulturen (Pilze, Streptomyceten, Bakterien) Versuche auf spezifischen Nährböden zum Nachweis der Fähigkeit des Abbaus von Lignin durchgeführt. Als Ergebnis wurde erwartet, eine Bestätigung der Fähigkeit der Mikroorganismengemeinschaft zum Abbau des kohligen Kippsubstrates zu erhalten.

Durchgeführte Arbeiten

Die hier verwendeten Mikroorganismenkulturen stammten aus den teufenorientierten Probenahmen aus den Kippsubstrat- und Grundwasserproben vom Probenahmestandort. Aus den Feststoff- und Grundwasserproben waren auf unselektivem Agar (R_2A 10 %) in Parallelansätzen die koloniebildenden Einheiten (KBE) sowie die Anzahl der Pilze ermittelt worden (siehe Abbildung 1). Die Einzelkolonien wurden isoliert und im Verdünnungsausstrich mindestens fünfmal aufeinanderfolgend kultiviert, bis sie ein mikroskopisch und morphologisch einheitliches Bild ergaben. Danach wurde von diesen Isolaten eine 16S-RNA-Bestimmung durchgeführt, mit der die Stämme identifiziert werden können, bzw. bei neuen Isolaten, die höchste phylogenetische Ähnlichkeit mit bekannten Stämmen festgestellt werden kann.

Die Ergebnisse der Stammbestimmungen wurden dann teufenorientiert erfasst und gleiche oder ähnliche Stämme bzw. Gruppen auch in Abhängigkeit von der Teufe (ungesättigte Zone, gesättigte Zone, Grundwasser) summiert und dies für die verschiedenen Probenahmestellen verglichen.



Abbildung 1: Bestimmung allgemeiner heterotropher Mikroorganismen (KBE) auf R_2A -Agar

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

Tabelle 1 zeigt als Beispiel eine teufenorientierte Aufstellung von verschiedenen Mikroorganismengruppen, die an der Wald- Probenahmestelle ermittelt wurden. In der Spalte Teufe bedeuten:

- B = Bodenauflage
- s = sandiges Kipp- oder Decks substrat
- k = kohliges Substrat
- KapZ = Kapillarzone, in der Mikroorganismen-Zahlen und Diversität meist stark erhöht sind
- oGWZ = obere Grundwasserzone
- kschl = Kohleschlamm
- kschl = Kohleschluff

Tabelle 1: Beispiel für eine teufenorientierte Aufstellung verschiedener Mikroorganismen vom Probenahmestandort Waldfläche

Teufe	Identifizierte Stämme
0,1 B	Penicillium decumbens +++, Bacillus simplex/megaterium
1,0 s	Arthrobacter methylotrophus
2,5 s	Penicillium janthinellum +
4,5 s	Streptomyces nodonus
6,5 k	Arthrobacter methylotrophus
10,3 k	Subtercola pratensis, Leifsonia shinshuensis, Williamsia maris
17,3 k-s	Bacillus aryabhatai
22,4 s-k	Cochliobolus kusanoi +++, Bacillus simplex/megaterium, Bacillus cereus/thuringiensis
24,5 k-s	Streptomyces parvisporogenes, Cellulomonas sp.
25,5 KapZ k	Bacillus mycoides, Pseudomonas migulae, Cellulomonas sp. 2x
26,5 s-k, oGWZ	Sphingomonas subarificiens, Brevibacillus sp., Arthrobacter humicola
27 – 28 s-k, gZ	Variovorax paradoxus
30 – 31 kschl	Rhodococcus fascians, Acidovorax defluvi
32 – 33 kschl	Rhodococcus corynebacterioides, Stenotrophomonas rhizophilia
34 – 35 kschl	Arthrobacter agilis, A. sulforivorans 2x, Cellulomonas sp.

Die häufig wiederkehrenden Isolate wurden summiert und ihr Vorkommen registriert. Tabelle 2 zeigt generell häufiger vorkommende Isolate und ihre Verteilung in den verschiedenen Probenahmestellen bzw. in verschiedenen Zonen des GWK oder ein generelles Vorkommen (Generalisten). Ziel dieser Zusammenstellung war es, einen Überblick über die teufenorientierte Verteilung dieser Mikroorganismen zu erhalten und damit tiefere Erkenntnisse zu Abbauprozessen im Kippsubstrat zu gewinnen.

Tabelle 2: Häufige Isolate an den verschiedenen Probennahmestellen und deren Verteilung in verschiedenen Kippstratzen

Stamm	Waldfläche		Sukzessionsfläche		Grundwasser	
	n	Zone	n	Zone	n	Zone
Arthrobacter	6	Generalist	5	Ungesättigte Zone, Kapillarzone	2	Generalist
Bacillus	6	Ungesättigte Zone, Kapillarzone	-	-	-	-
Penicillium (Pilz)	2	Ungesättigte Zone	2	Ungesättigte Zone	-	-
Streptomyces	2	Ungesättigte Zone	3	Ungesättigte Zone	-	-
Cellulomonas	2	Kapillarzone, ungesättigte Zone	3	Ungesättigte Zone, gesättigte Zone	-	-
Rhodococcus	2	Gesättigte Zone	2	Gesättigte Zone	2	Grundwasserzone
Pseudomonas	1	Kapillarzone	4	Generalist	2	Generalist
Mycobacterium	-		-		2	Generalist
Mycobacterium	-		-		1	Generalist

In Tabelle 2 ist deutlich ein Vorkommen bestimmter Mikroorganismengruppen speziell in bestimmten Zonen zu beobachten (Penicillium, Bacillus, Streptomyces); diese Mikroorganismen sind besonders in der ungesättigten Zone aktiv. Andere Gruppen, z. B. Rhodococcus, wurden vor allem aus der gesättigten Zone isoliert. Eine dritte Gruppe, die sogenannten Generalisten, kommen sowohl in der ungesättigten als auch in der gesättigten Zone vor und finden sich häufig an allen Probennahmestellen und in verschiedenen Teufenbereichen. Sie sind generell an den Abbau derartiger Substrate angepasst und können diesen Abbau unter aeroben, mikroaeroben sowie anaeroben Bedingungen durchführen. Die Abbauleistungen der einzelnen Gruppen sollen im folgenden Unterabschnitt noch einmal detailliert beschrieben werden.

Die Kultivierung verschiedener Pilze auf einem speziellen Lignin-Agar wurde durchgeführt, um die Fähigkeit dieser Pilze zum Abbau lignin- und huminstoffartiger Substanz zu prüfen. Abbildung 2 zeigt ein solches Beispiel mit dem Pilz Cochliobolus kusanoi aus 22.4 m Teufe (ungesättigte Zone, sandig-kohlige Kippsubstrat). Die dunklen Zonen um die Pilzkultur zeigen den Ligninabbau an.

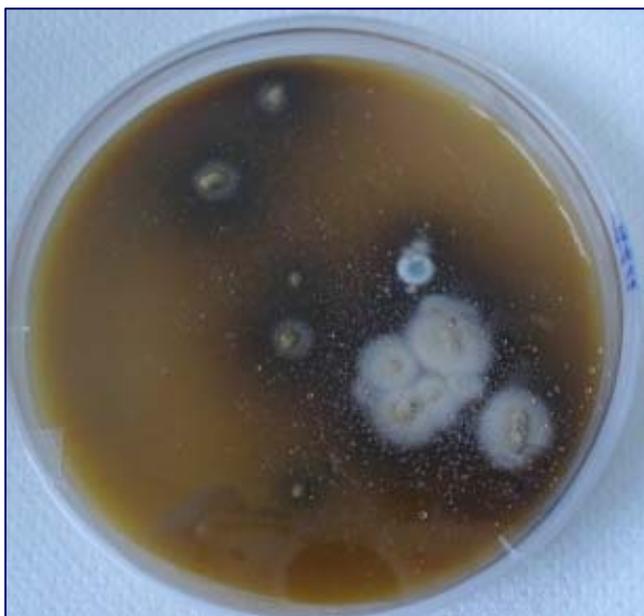


Abbildung 2: Lignin-Abbaustest mit dem Pilz Cochliobolus kusanoi, Waldfläche, 22.4 m Teufe, ungesättigte Zone

In Tabelle 3 sind die verschiedenen Pilzisolat mit der zugehörigen Teufe und Zone sowie ihre Stoffwechsellleistungen dargestellt.

Tabelle 3: Pilzisolat aus verschiedenen Kippsubstratproben bzw. aus Grundwasserproben

Standort	Pilz	Teufe	Abbauleistungen
Waldfläche	<i>Penicillium decumbens</i>	Obere Bodenschicht	Holz- und Laubzersetzer
	<i>Penicillium janthinellum</i>	2,5 m	Lignin- und Celluloseabbau
	<i>Cochliobolus kusanoi</i>	22,4 m	Holz- und Laubzersetzer, wichtiges Bindeglied im C- und N-Kreislauf
Sukzessionsfläche	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	Obere Bodenschicht	Holz- und Laubzersetzer (typischer Schimmelpilz), Lignin- und Celluloseabbau, Wachstum im Sumpfbereich, Wald, Gärten; auch anaerobes Wachstum möglich
	<i>Umbelopsis autotrophica</i>	9,25 m	Weit verbreiteter Schimmelpilz, Holz- und Laubzersetzer
	<i>Merimbla ingelheimensis</i>	12,5 m, k.-s.	Ligninabbau, anaerobes Wachstum möglich
	<i>Lachnum virgineum</i> („Weißhaarbecher“)	35 m, kohlige Substrat	Holz- und Laubzersetzer, Ligninabbau
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	42,5 m, k.-s. Kapillarzone	Holz- und Laubzersetzer, Lignin- und Celluloseabbau
	<i>Lecythophora hoffmannii</i>	44,7 m, Sand, Kohleschlamm, Grundwasserzone	Ligninabbauer
Grundwasser	<i>Sarocladium kiliense</i>	Grundwasserzone	Ligninabbauer
	<i>Dothideomycetes</i> sp.	Grundwasserzone	Ligninabbauer

Die Pilze kommen überwiegend in der ungesättigten Zone vor, aber einige können auch unter mikroaeroben bzw. anaeroben Bedingungen existieren. Die Braunkohle im Kippsubstrat ist zum Teil noch auf der Stufe des Xylits, sodass unter aeroben bzw. mikroaeroben Bedingungen ein mikrobieller weiterer Abbau vorstellbar ist. Viele der hier isolierten Mikroorganismen sind in der Lage, in einer Gemeinschaft bzw. Nahrungskette huminstoffhaltige Substanz abzubauen. Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt der Molekülstruktur der in der Braunkohle vorkommenden huminstoffartigen Substanz, wie sie auch in den am Probenahmestandort vorkommenden Xyliten enthalten sein muss.

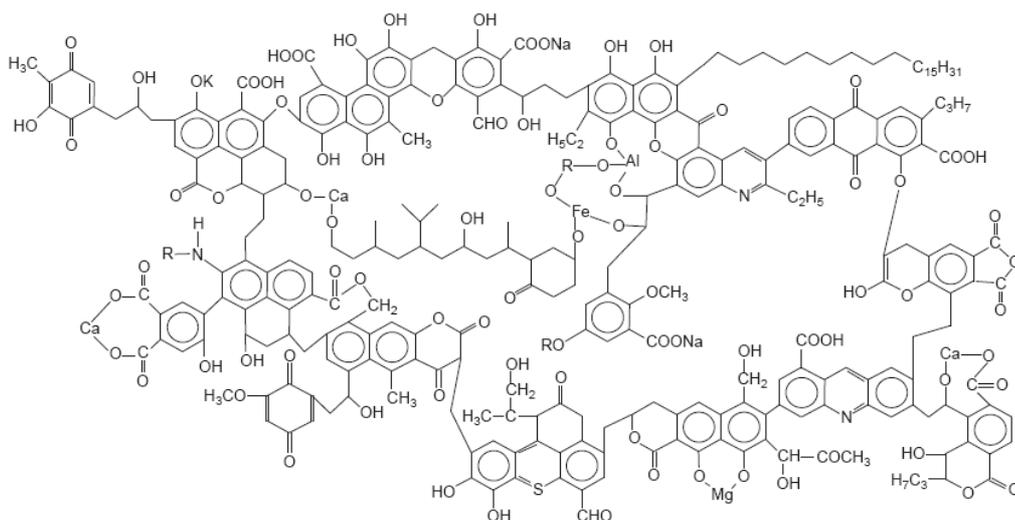


Abbildung 3: Strukturausschnitt aus der huminstoffartigen Substanz in Braunkohlesubstrat

Abgeleitetes Abbaumodell im Festsubstrat von Braunkohle-Kippenkörpern

Mit der Kenntnis ausgewählter Mikroorganismenstämmen an den verschiedenen Probennahmestandorten bzw. in den verschiedenen Teufen wurden nun die Stoffwechselleistungen dieser Mikroorganismen-Gruppen zusammengestellt und daraus mögliche Abbauewege für die im kohligem Kippsubstrat enthaltenen Huminstoffe abgeleitet.

Zum **Ligninabbau** sind Nahrungsgemeinschaften von Pilzen und Bakterien in der Lage; derartige Nahrungsgemeinschaften werden als Kommensalismus bezeichnet, d. h. ein gemeinsamer Abbau und die Verwertung in heterogenen syntrophen Assoziationen dieser Pilze und Bakterien. Zu den typischen **Cellulose-Zersetzern** zählen Mikroorganismen der Gruppen Pseudomonas, Bacillus und Arthrobacter. Die Streptomyceten und Cellulomonas- Arten werden zu den Actinomyceten gezählt, die ebenfalls Cellulose zersetzen können, weiterhin auch **Cellobiose** und **Xylose**. Die Streptomyceten sind auch in der Lage, **Lignocellulosen** abzubauen, stellen also eine sehr wichtige Gruppe in der Gemeinschaft der Reduzenten dar. Die gesamte Mikroorganismengemeinschaft kann unter gegenseitiger Förderung des Gesamtabbaus das Substrat besser und effizienter zersetzen als nur einzelne bestimmte Stämme, was in der Biologie als Mutualismus bezeichnet wird; dies kann auch als Synergieeffekt bezeichnet werden.

Die im Grundwasser gefundenen Mikroorganismengruppen sind meist als **Aromaten- und Heterocyclenabbauer** bekannt; so wurde z. B. auch Mycobacterium chlorophenicum isoliert, das selbst zum Chlorphenolabbau befähigt wäre. Die im Grundwasser häufig gefundene Mikroorganismengemeinschaft wäre auch in der Lage, Carbonsäureamide, die als Zwischenprodukte des N- Heterocyclenabbaus auftreten, hydrolytisch zu spalten und damit NH_4^+ freizusetzen, was die hohe Aktivität der Amidasen im Kippsubstrat erklärt.

Als Schlussfolgerung aus den in den Kippsubstraten und Grundwasserproben gewonnenen Mikroorganismen-Isolaten und deren Stoffwechselleistungen wurde nun folgendes Schema zur mikrobiellen Zersetzung der in der Braunkohle enthaltenen Huminstoffe hergeleitet (Abbildung 4):

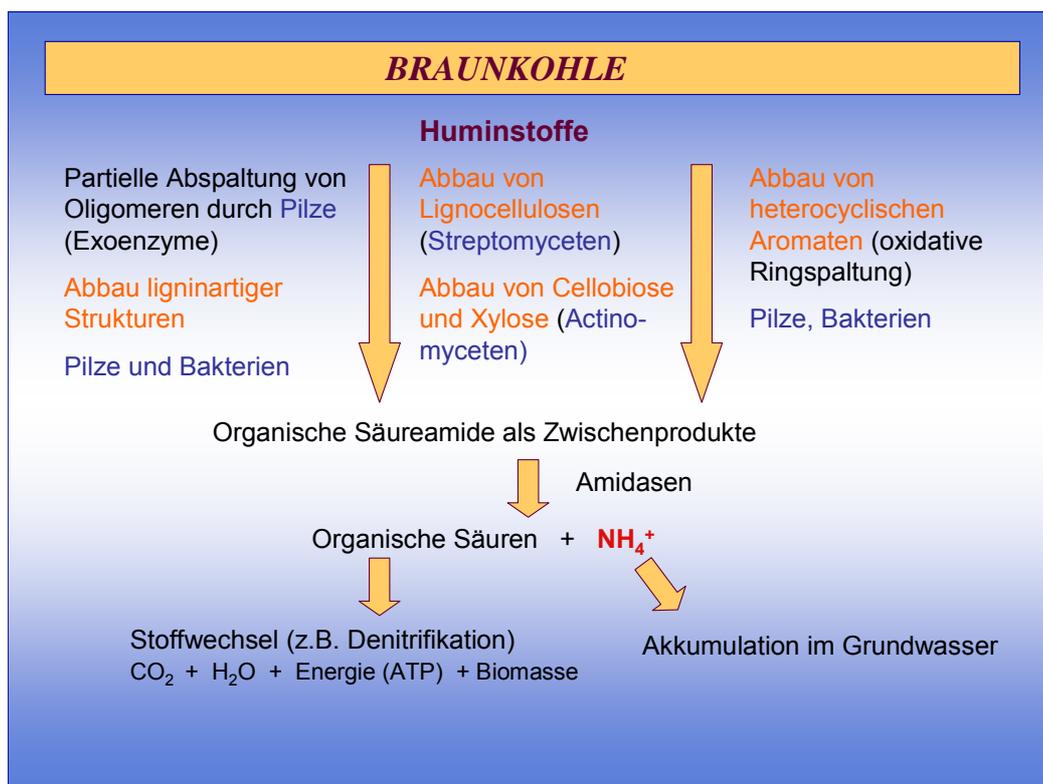


Abbildung 4: Schema des Abbaus der Huminsubstanz durch verschiedene Organismengruppen im Kippsubstrat und dadurch Freisetzung von Ammonium in den Grundwasserleiter

Der Abbau ligninartiger Strukturen erfolgt durch eine Gemeinschaft von Pilzen und Bakterien; der Abbau von enthaltenen Lignocellulosen durch Streptomyceten; Cellulose- und Xyloseeinheiten können durch Actinomyceten zersetzt werden. Hetero-

cyclische Aromateneinheiten können von Pilzen und Bakterien über eine oxidative Ringspaltung (enzymatisch) abgebaut werden. In der vielfältigen Mikrobengemeinschaft existieren auch genügend Mitglieder, die die entstehenden Oligomere bzw. Abbaureste weiter spalten und verwerten können.

Als intermediäre Zwischenprodukte aus den in dem kohligen Kippsubstrat enthaltenen N- Heterocyclen entstehen organische Carbonsäureamide als intermediäre Zwischenprodukte, von denen mit Hilfe der Amidasen NH_4^+ abgespalten wird, das sich schließlich im Grundwasserleiter akkumuliert. Die intermediär gebildeten organischen Säuren werden von der Mikrobengemeinschaft verstoffwechselt, wobei CO_2 , H_2O , Energie (ATP) und neue Biomasse gebildet werden. Die finalen Abbauprozesse verlaufen entsprechend der am Standort vorherrschenden Charakteristika in starkem Maße unter denitrifizierenden Bedingungen, was die hohen Zahlen an Denitrifikanten im Kippsubstrat erklärt. Unter denitrifizierenden Bedingungen wird schließlich auch noch N_2 als Endprodukt gebildet. Das erhöhte Vorkommen von CO_2 und N_2 wird von vielen Probennehmern vor Ort als erhöhter Gasgehalt in Grundwasserproben immer wieder bestätigt und erklärt diesen auch hiermit. Die erhöhten Konzentrationen an NH_4^+ können auch anhand eines N-Kreislaufes beim Abbau des kohligen Kippsubstrates erklärt werden (Abbildung 5).

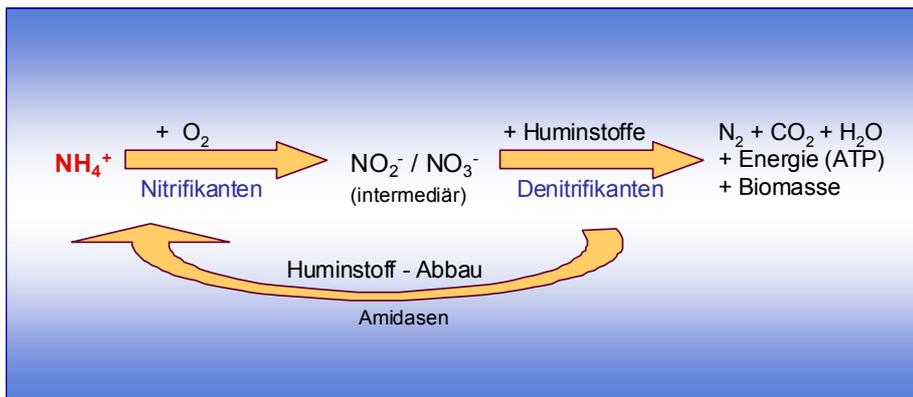


Abbildung 5: Schema des Stickstoffkreislaufes im Kippsubstrat bei mikrobiellem Abbau der Huminstoffe und Nachlieferung von Ammonium in einem Kreislaufprozess

NH_4^+ wird in begrenztem Maße zu $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ nitrifiziert, die jedoch nur intermediär entstehen und durch die hohe Zahl der Denitrifikanten sofort wieder durch erneuten Abbau von Huminstoffen denitrifiziert werden. Dabei entstehen CO_2 , N_2 , H_2O , Energie (ATP) und neue Biomasse. In der erneuten Stufe im Kreislauf des Huminstoffabbaus wird wieder neues NH_4^+ erzeugt, sodass dieses in einem ständigen Fließgleichgewicht vorliegt, ständig regeneriert wird und sich damit in den GWK zu erhöhten Konzentrationen akkumuliert.

Mit diesen Ergebnissen konnte die Herkunft des NH_4^+ in den Kippen-GWK des ehemaligen Braunkohle-Tagebaus aufgeklärt werden. Weitere Arbeiten wurden durchgeführt zur Ermittlung der Nitrifikationsraten, zu deren limitierenden und inhibierenden Faktoren, die ebenfalls publiziert werden sollen.

Zusammenfassung

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen:

1. Aus den verschiedenen Probennahmestandorten (Waldfläche, Sukzessionsfläche) und teufenorientiert wurden verschiedene Mikroorganismen aus der ungesättigten und gesättigten Zone sowie aus Grundwasserproben isoliert.
2. Es wurden Tests zum Ligninabbau durchgeführt.
3. Eine vielfältige Mikroorganismengemeinschaft aus Pilzen und Bakterien mit der Fähigkeit zum Abbau der im Kippsubstrat enthaltenen Huminstoffe wurde isoliert.
4. Eine Ligninzersetzung erfolgt v. a. durch Pilze (*Penicillium*, *Cladosporium*, *Cochliobolus*, *Lecythophora*, *Lachnum*).
5. Ein Abbau celluloseartiger Strukturen kann durch eine Gemeinschaft von Bakterien und Pilzen (Mutualismus) stattfinden.
6. Ein Aromaten- bzw. Heterocyclenabbau und die Freisetzung von NH_4^+ aus Carbonsäureamiden als intermediäre Zwischenprodukte des Abbaus sind auch unter mikroaeroben Bedingungen durch *Rhodococcus* möglich.
7. Im Kippsubstrat wurde eine vielfältige Gemeinschaft aus allen diesen Mikroorganismen nachgewiesen.

Gemeinsam mit den vorhergehenden Ergebnissen (Keimzahluntersuchungen, Untersuchung der Enzymaktivitäten) wurde bestätigt, dass die untersuchten Mikroorganismengemeinschaften im kohligen Kippsubstrat eine mikrobiologische Zersetzung des huminstoffhaltigen Substrates bewirken und damit zur Freisetzung und Akkumulation von NH_4^+ in den Grundwasserleitern beitragen.

Durch den immer wieder erneuten Abbau von Huminstoffen bei der Denitrifikation wird NH_4^+ immer wieder regeneriert und liegt damit in einem Fließgleichgewicht im Kippsubstrat vor, was zu einer makroskopischen Akkumulation von NH_4^+ im GWK führt.

Literatur

- [1] WILLSCHER, S.; KNIPPERT, D.; IHLING, H.; KNÖLLER, K. & C. JESCHKE (2011): Erste Ergebnisse der mikrobiellen und isotopenhydrochemischen Untersuchungen zur Klärung der Ursachen der hohen Ammoniumbelastung im Grundwasser auf der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten, Schriftenreihe des LfULG, Heft 45/2011 „Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell“, S. 24-37.

8 Ergebnisse der isotopenhydrologischen Untersuchungen an Grundwassermessstellen auf der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten

Kay Knöller; Christina Jeschke - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
Heiko Ihling - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

8.1 Aufgaben- und Zielstellung

In Ergänzung der „Ersten Ergebnisse zur Klärung der Ursachen der hohen Ammoniumbelastung im Grundwasser der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten“ wurden weitere Messreihen durchgeführt. Die isotopenhydrochemische Untersuchung und die Altersdatierung des Kippengrundwassers sollen zum einen Aufschluss zur Ammonium- und Nitratumsetzung im Rahmen von „Natural Attenuation“ Prozessen geben. Zum anderen sollen Möglichkeiten verschiedener Methoden der Altersdatierung in einem Bergbauebiet geprüft werden.

8.2 Isotopenhydrologische Untersuchungen

In weiteren Messkampagnen 2011 wurden aus sechs Grundwassermessstellen im Rand- und Innenkippenbereich des Tagebaus Nochten Wasserproben zur Bestimmung des Gehaltes an gelöstem Ammonium, Nitrat und Sulfat sowie deren Isotopensignatur $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{34}\text{S}$ entnommen.

Zur Erprobung der Altersdatierung von Kippenwasser und zur Klärung eines möglichen Zusammenhanges zwischen der Altersstruktur und der Belastung an anorganischen Kontaminanten wie Ammonium wurde versucht, den Wert an Tritium, Radio-Carbon und Helium zu bestimmen.

Für die Ermittlung des ^{15}N -Isotops wurden die Wasserproben vor Ort stabilisiert. Zur Isotopenanalyse am gelösten Nitrat wurden die Proben durch einen 0,2 μm -Membran-Filter filtriert und für den ^{15}N -Gehalt am gelösten Ammonium wurden mindestens zwei Liter Wasser mit konzentrierter Schwefelsäure stark angesäuert. Ebenfalls unverzüglich konserviert wurde das Wasser für die Bestimmung der Schwefelisotopie durch die Zugabe von Zinkacetat-Lösung.

Die Proben für die Tritiumbestimmung wurden in 1 l-Glasflaschen, für die Radio-Carbon-Datierung in zweimal 50 l-Fässer abgefüllt. Die Analyse erfolgte im Isotopenlabor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung Halle/Saale. Für die Untersuchung des im Kippenwasser gelösten Heliums wurde das Probenwasser durch ein Kupferrohr geleitet und verschlossen.

8.3 Ergebnisse der isotopenhydrologischen Untersuchungen

8.3.1 Bestimmung der $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte am gelösten Ammonium

In der zweiten Messkampagne sind die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in den Grundwassermessstellen weniger variabel (siehe Abbildung 1) und liegen im gleichen Größenbereich wie bei der Erstbestimmung. Das deutet darauf hin, dass der Ursprung des im Grundwasser gelösten Ammoniums Kohle bzw. kohlige Substrate sein könnten. Der Isotopenmesswert in Bohrung 4537 wurde in der zweiten Messung nicht bestätigt und scheint somit ein Ausreißer zu sein. Die Ammoniumkonzentrationen der Messpunkte sind nahezu konstant geblieben.

Tabelle 1: Isotopenhydrologische Daten der Messreihen mehrerer Kippenpegel im rekultivierten Tagebau Nochten vom Juli und Oktober 2011

	PN – Datum	4138	4537	4538	4539	7277	7278
$\delta^{15}\text{N-NH}_4$ [‰] (AIR)	26.07.2011	1,0	-12,0	6,8	2,2	4,1	7,4
	18.10.2011	2,6	2,7	3,2	2,3	3,8	1,1
NH ₄ – Konzentration [mg/l]	26.07.2011 ^A	0,7	5,7	2,4	0,8	1,4	2,9
	18.10.2011		6,3	1,1	0,7	1,2	2,6
$\delta^{15}\text{N-NO}_3$ [‰] (AIR)	26.07.2011	4,2		2,9	7,4	3,6	3,3
	18.10.2011			2,8	16,5	3,2	0,4
$\delta^{18}\text{O}$ [‰] (VSMOW)	26.07.2011	21,1		21,6	14,9	38,7	23,1
	18.10.2011			21,5	17,6	13,6	26,6
$\delta^{34}\text{S}$ [‰] (CDT)	26.07.2011	-1,9	-0,7	0,8	6,4	-6,9	-7,7
	18.10.2011	-1,7	-2,2	-0,4	6,2	-6,9	-8,2
$\delta^{18}\text{O}$ [‰] (VSMOW)	26.07.2011	-2,3	5,5	3,5	8,9	-1,4	-1,2
	18.10.2011	-2,3	5,1	2,5	8,4	-0,7	-2,0
Sulfatkonzentration [mg/l]	26.07.2011 ^A	717	2000	707	166	1510	1580
	18.10.2011	534	2087	715	150	1448	1804
$\delta^{13}\text{C / TIC}$ [‰] (PDB)	26.07.2011	-24,7	-23,5	-23,2	-19,9	-23,6	-23,1
	18.10.2011	-23,3	-22,7	-21,7	-19,0	-22,3	-22,1
$\delta^{13}\text{C / DOC}$ [‰] (PDB)	26.07.2011	-23,9	-22,5	-22,2	-21,3	-22,8	-22,1
	18.10.2011	-23,7	-20,9	-20,0	-19,5	-25,3	-20,1
Tritiumgehalt [TM]	26.07.2011	7,4 ± 0,8	6,1 ± 0,6	9,4 ± 1,0	7,0 ± 0,7	5,1 ± 0,6	5,5 ± 0,6
	18.10.2011	6,0 ± 1,7	4,9 ± 1,5	8,6 ± 2,0	6,6 ± 1,7	4,1 ± 1,4	5,2 ± 1,5
¹⁴ C [pMC]	26.07.2011	10,1 ± 0,3	46,3 ± 0,8	36,5 ± 1,0		12,0 ± 0,3	21,3 ± 0,5
	18.10.2011						
Alter [J.BP]	26.07.2011	18366 ± 228	6134 ± 138	8047 ± 145		17003 ± 210	12349 ± 168
	18.10.2011				2865 ± 113		

^A Daten IWB Dresden

Um die Konstanz der Messwerte gegenüber saisonalen und lokalen Schwankungen zu überprüfen, ist ein weiteres Monitoring ratsam.

8.3.2 Bestimmung der $\delta^{15}\text{N}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte am gelösten Nitrat

In der Gegenüberstellung von $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{15}\text{N}$ am gelösten Nitrat (Tabelle 1) liegt die Isotopensignatur des Sauerstoffs im Wertebereich von Düngemitteln, während die Isotopenwerte der N-Verbindung typisch für Bodennitrate sind, aber auch in der Domäne der Kohle (-2,5 bis +6,3 ‰ nach Kendall) liegen (Messpunkt 4538, 7277, 7278). Bedingt durch die geringe Nitratkonzentration konnte in Messstelle 4138 und 4537 keine Isotopenanalyse erfolgen. Die Messergebnisse aus dem Punkt 4539 heben sich

auch in der zweiten Messreihe von den anderen Grundwassermessstellen ab. Es kann bestätigt werden, dass hier der Isotopenwert des Nitrats durch andere Quellen beeinflusst wird und sich nicht in-situ im Grundwasserleiter bildet.

Im Vergleich der $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte der Ammonium- und Nitrat-Stickstoffverbindungen zeigt die Isotopensignatur keine eindeutige Wechselwirkung der Stickstoffkomplexe Ammonium und Nitrat im Sinne des Nitrifikationsprozesses (Abbildung 1).

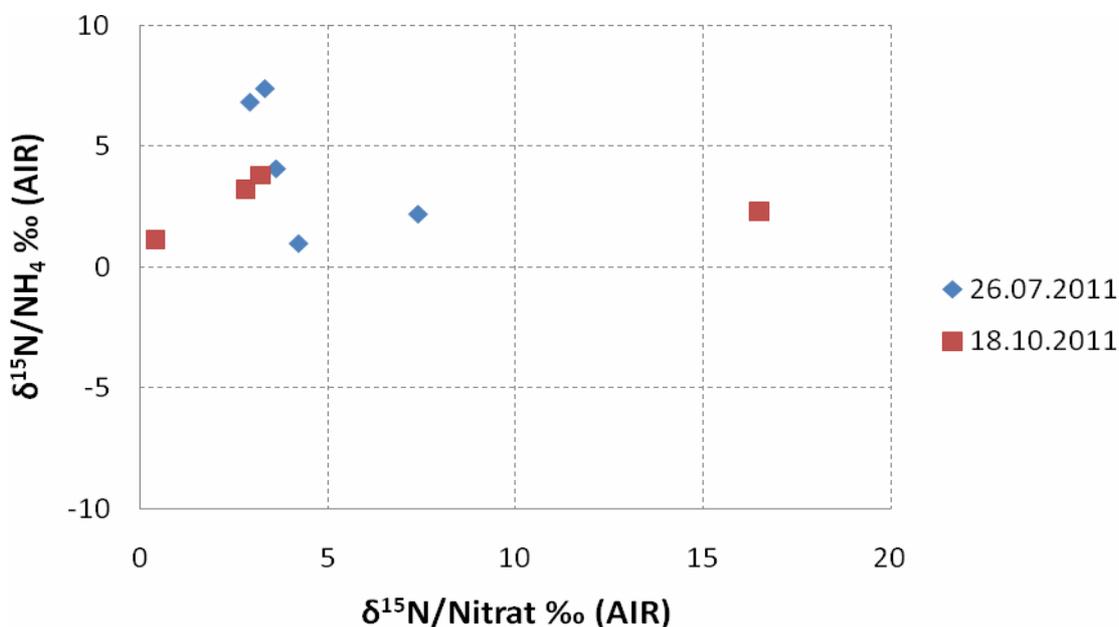


Abbildung 1: Gegenüberstellung der $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte der Ammonium- und Nitratverbindungen

8.3.3 Bestimmung der $\delta^{34}\text{S}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte am gelösten Sulfat

Auf dem Gebiet der Altkippe Nochten ist eine positive Korrelation zwischen der Sulfatkonzentration und den $\delta^{34}\text{S}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werten des gelösten Sulfats (Tabelle 1 und Abbildung 2) sichtbar. Mit Abnahme des Sulfatgehaltes werden die Isotope $\delta^{34}\text{S}$ und $\delta^{18}\text{O}$ des Sulfats angereichert. Die Messstellen 4538 und 4539 zeigen im Vergleich zu den neuen Messpunkten 7277 (Sukzessionsfläche) und 7278 (Waldfläche) positive Isotopensignaturen auf. Zudem wurden hier die höchsten Sulfatkonzentrationen ermittelt. Dies ist als Hinweis auf eine ablaufende Sulfatreduktion zu werten, weil durch mikrobielle Fraktionierung während der Sulfatreduktion die leichteren Schwefelisotope bevorzugt umgesetzt werden, das schwere Isotop bleibt zurück und die Sulfatkonzentration sinkt.

Während in den eher oxidativ geprägten Grundwassermessstellen (7277, 7278) die Signaturverschiebung -6,9 bis -8,2 ‰ beträgt, ist diese in den reduktiven bzw. indifferenten Messstellen (4538, 4539) bis zu 6,4 ‰ stärker.

Die Messstellen an den Randbereichen der Altkippe repräsentieren einen vollgesättigten Wasserkörper und weisen eine fortgeschrittene Sulfatreduktion mit geringer Sulfatkonzentration und stärkere Fraktionierung der Schwefel- und Sauerstoffisotope am gelösten Sulfat auf. Im Gegensatz dazu zeigen die hoch mineralisierten, wasserteilgesättigten Messstellen 7277 und 7278 im Innenkippenbereich $\delta^{34}\text{S}$ bzw. $\delta^{18}\text{O}$ -Werte entsprechend der Eisensulfid-Oxidation. Im Wasser des Punktes 4537 wurde trotz Anreicherung der Isotopenwerte $\delta^{34}\text{S}$ und $\delta^{18}\text{O}$ die höchste Sulfatkonzentration bestimmt. Es könnte sich dabei um ein Mischsignal von evtl. Bodensulfat oder anderen Sulfidquellen handeln.

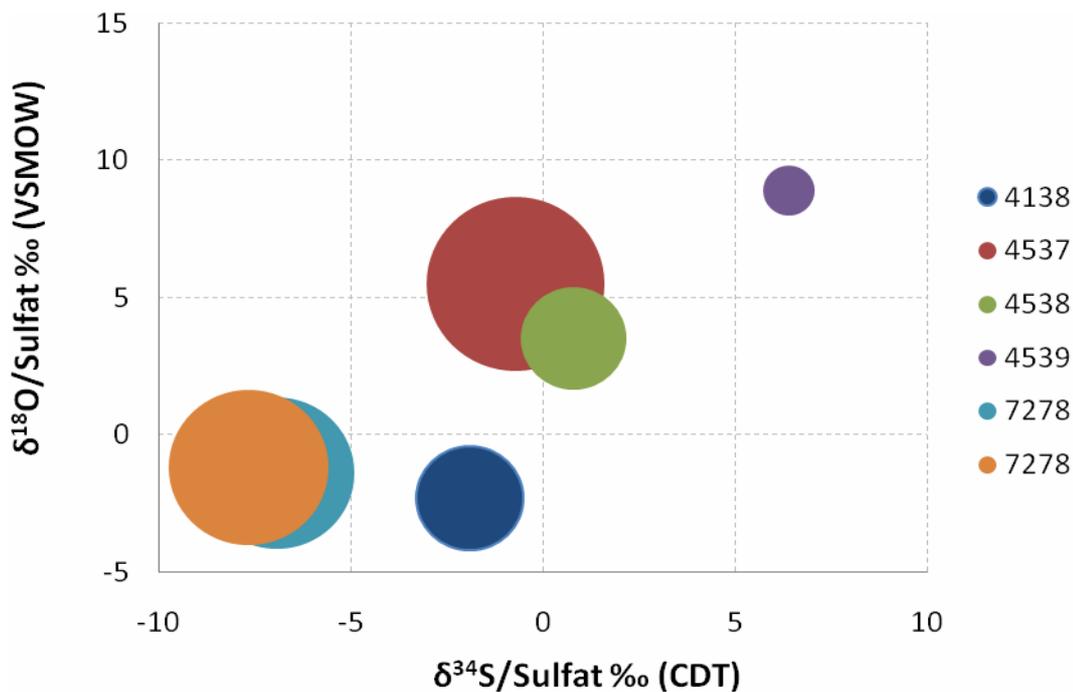


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten und $\delta^{34}\text{S}$ -Werten des gelösten Sulfats und der Sulfatkonzentration des Kippengrundwassers Tagebau Nochten

Die Fläche des Kreises repräsentiert den Sulfatgehalt der Probe (Daten vom 18.10.2011).

8.3.4 Bestimmung der $\delta^{13}\text{C}$ -Gehalte am gelösten anorganischen und organischen Kohlenstoff

Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte geben Aufschluss über die Herkunft des gelösten anorganischen Kohlenstoffs. Durch die zweite Messserie werden die bisherigen Erkenntnisse bestätigt. In beiden Untersuchungen sind die Isotopenwerte des gesamtanorganischen Kohlenstoffs (TIC) stabil und auf mikrobiologische Aktivität zurückzuführen. Die Isotopensignatur des Kohlenstoffs der Grundwassermessstellen 4138, 4537, 4538, 7277 und 7278 ist typisch für Umsetzungsprozesse im Bereich der Kohle. Die Messstelle 4539 wird zudem durch weitere Quellen des Kohlenstoffdioxids wie z. B. Bodenwasserzuflüsse beeinflusst. Die Bestimmung $\delta^{13}\text{C}$ -Werte am gelösten organischen Kohlenstoff zeigen ebenso einen einheitlichen Isotopenwert und sind in Tabelle 1 aufgelistet.

8.3.5 Tritium- und $3\text{H}/3\text{He}$ -Altersdatierung am Wasser

Tritium dient der Altersdatierung relativ junger Wässer (NESTLER 2003). Die im Juli und Oktober 2011 vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung gewonnenen Grundwasserproben und deren Tritiumgehalt sind in Tabelle 1 erfasst. Der Tritiumeintrag der Grundwasserpegel 4538 und 4539 liegt über dem natürlichen Tritiumgehalt von ca. 5 TU und könnte durch andere Wasserströmungen beeinflusst sein. Wenig Tritiumeintrag wurde in den neuen Messstellen der Sukzessions- und Waldfläche bestimmt.

Die Helium-Altersdatierung sollte zusammen mit den Tritiumgehalten der Grundwasserproben Aufschluss über die Altersstruktur des Grundwasserkörpers geben. Es konnten jedoch aus dem Probenwasser keine repräsentativen Daten gewonnen werden. Diese Methode scheint auf Grund von CO_2 -Ausgasungen im Gebiet des Tagebaus für eine Analyse des Kippengrundwasseralters nicht geeignet zu sein. Des Weiteren besteht die Gefahr der Kontamination des Probenwassers durch atmosphärische Einträge.

In einem Vergleich der $\delta^3\text{H}$ -Gehalte mit den $\delta^{15}\text{N}$ -Ammoniumwerten im Kippengrundwasser hat sich kein linearer Zusammenhang gezeigt. Ebenso sind Isotopenwerte des gelösten Nitrats und das Tritiumalter unabhängig voneinander. In Abbildung 3 sind die Tritiumwerte den $\delta^{34}\text{S}$ -Sulfatwerten gegenübergestellt. Weil einzelne Messstellen durch Infiltration „gestört“ sind, konnte keine eindeutige Korrelation zwischen den Parameter Alter und der Isotopensignatur des Sulfats nachgewiesen werden.

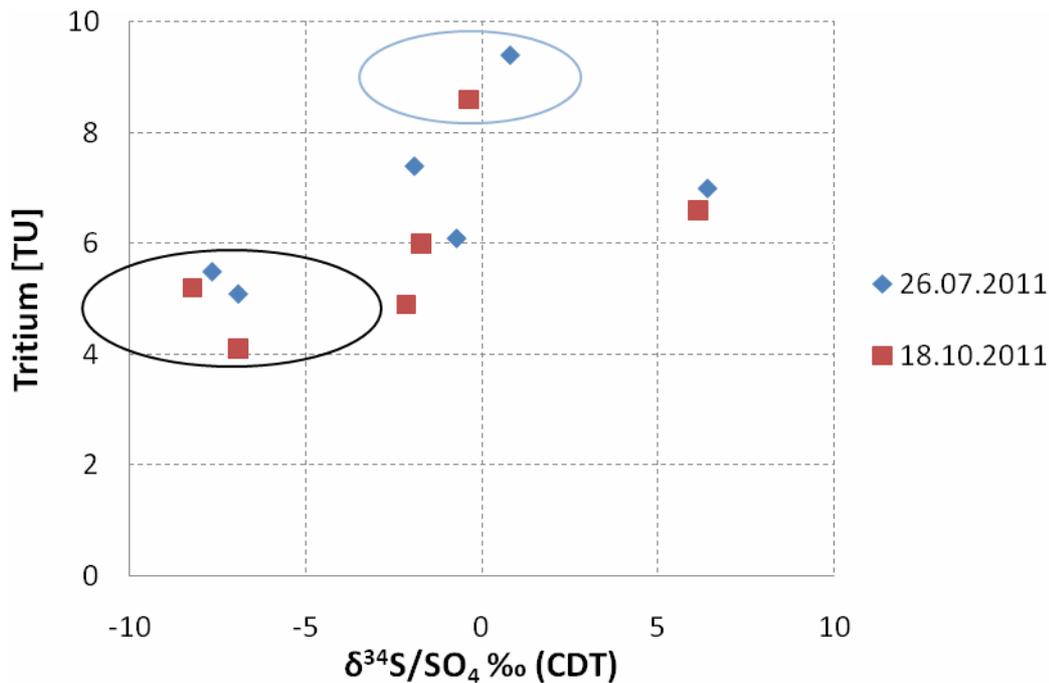


Abbildung 3: Gegenüberstellung der Tritium-Altersdatierung mit der Isotopensignatur des gelösten Sulfats

Schwarz umkreist sind Wässer (7277, 7278), beeinflusst durch Sulfat aus der Pyritoxidation. Mit einem blauen Ring markiert sind Wässer (4538), die der quartären Hintergrundsignatur entsprechen.

8.3.6 Radio-Carbon-Altersdatierung am anorganischen Kohlenstoff

In Tabelle 1 sind die gewonnenen Grundwasserproben, deren ^{14}C -Gehalt und die daraus errechnete Altersdatierung aufgeführt. Der prozentuale Anteil an modernem Kohlenstoff [pMC] liegt im Innenkippenbereich (7277, 7278) wesentlich geringer (zwischen zehn und zwölf pMC) als bei den Messstellen im Randbereich der Kippe (4537, 4539) und das daraus kalkulierte Alter beträgt ca. 18.300 bzw. 17.000 Jahre Before Present [J.BP; (1950)]. Hier ist im Probenwasser ein hoher Anteil an ^{14}C enthalten, dementsprechend wurden hier wesentlich jüngere Wässer ermittelt (ca. 6.000-8.000 J.BP). Nach diesen Ergebnissen gibt es im Grundwasserkörper des Tagebaus Nochten große Unterschiede am ^{14}C -Gehalt und ein hohes Alter der Wässer.

Im Bereich eines Tagebaus ist die starke mikrobielle Aktivität bei der Umsetzung von Kohlenstoffverbindungen, wie sie durch die $\delta^{13}\text{C}$ -Isotopensignatur am TIC nachgewiesen wurde, zu bedenken. Deshalb wurde zur besseren Abschätzung der Altersstruktur des Grundwasserkörpers die Analyse des ^{14}C -Gehaltes dem Anteil an Tritium gegenübergestellt (Abbildung 4). Im Vergleich der Messwerte wird bestätigt, dass sich der Randbereich und der Innenkippenbereich des Tagebaus unterscheiden lassen. Jedoch entspricht der hohe bzw. niedrige ^{14}C -Gehalt der Messpunkte nicht den zugehörigen Tritiumwerten. Gründe dafür könnten in Lösung gehende kohlenstoffhaltige Verbindungen, CO_2 -Ausgasung oder weitere Kohlenstoffquellen sein, die zu niedrigen bzw. höheren Kohlenstoffgehalten führen. In dieser Annahme ist das sich aus dem prozentualen ^{14}C -Anteil ermittelte Alter hier fehlerbehaftet.

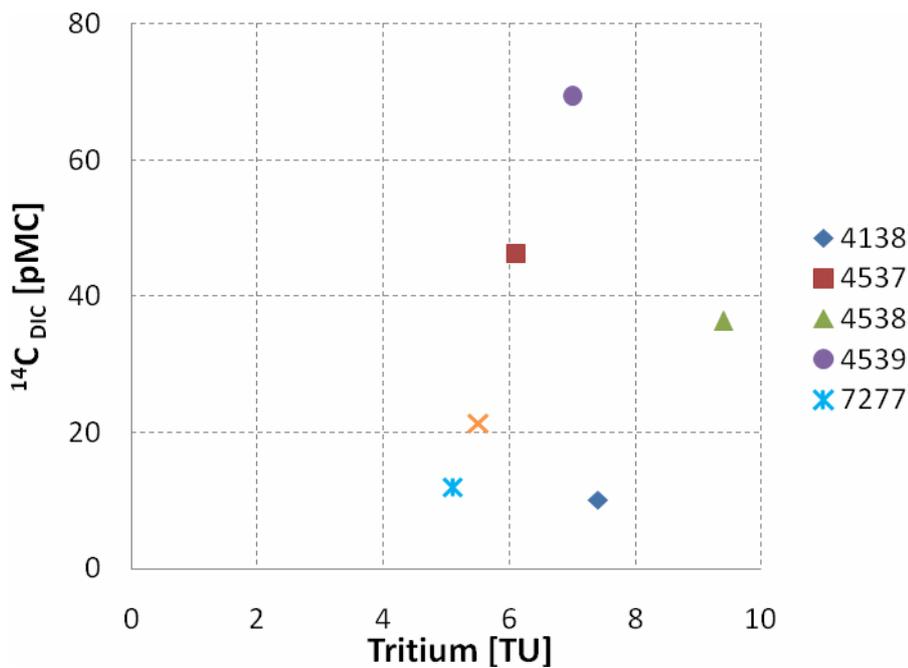


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Altersdatierung durch Kohlenstoff und Tritium

Die Messwerte zeigen keinen einheitlichen Grundwasserkörper, deren Messpunkte in Rand- und Innenkippenbereich unterschieden werden kann. In Abhängigkeit der in Lösung gehenden Kohlenstoffverbindungen ist das errechnete ¹⁴C-Alter verzerrt.

In Abbildung 5 wurde das anscheinende Radio-Carbon-Alter den Daten von Ammoniumkonzentration und dem Isotopenwert $\delta^{15}\text{N}$ gegenübergestellt. Der Vergleich von Konzentration mit dem kalkulierten Radio-Carbon-Alter deutet an, dass der Ammoniumgehalt zunächst steigt und es später nach anscheinender Verweildauer von 10.000 Jahren zu einem Ammoniumabbau kommt. Aber die Isotopendaten des gelösten Ammoniums zeigen keine Anreicherung der ¹⁵N-Gehalte, sondern es wurden leichtere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte ermittelt. Grund dafür könnte die Zersetzung von Kohlenstoffverbindungen durch Mikroorganismen, die dabei Ammonium freisetzen, sein. Indem anscheinend „jungen“ Wasser ist nur mehr Kohlenstoff aus dem Untergrund gelöst, während im „alten“ Wasser noch nicht so viel Kohlenstoff und Ammonium ausgelöst wurde. In diesem Fall bleibt die Ammoniumquelle zunächst erhalten.

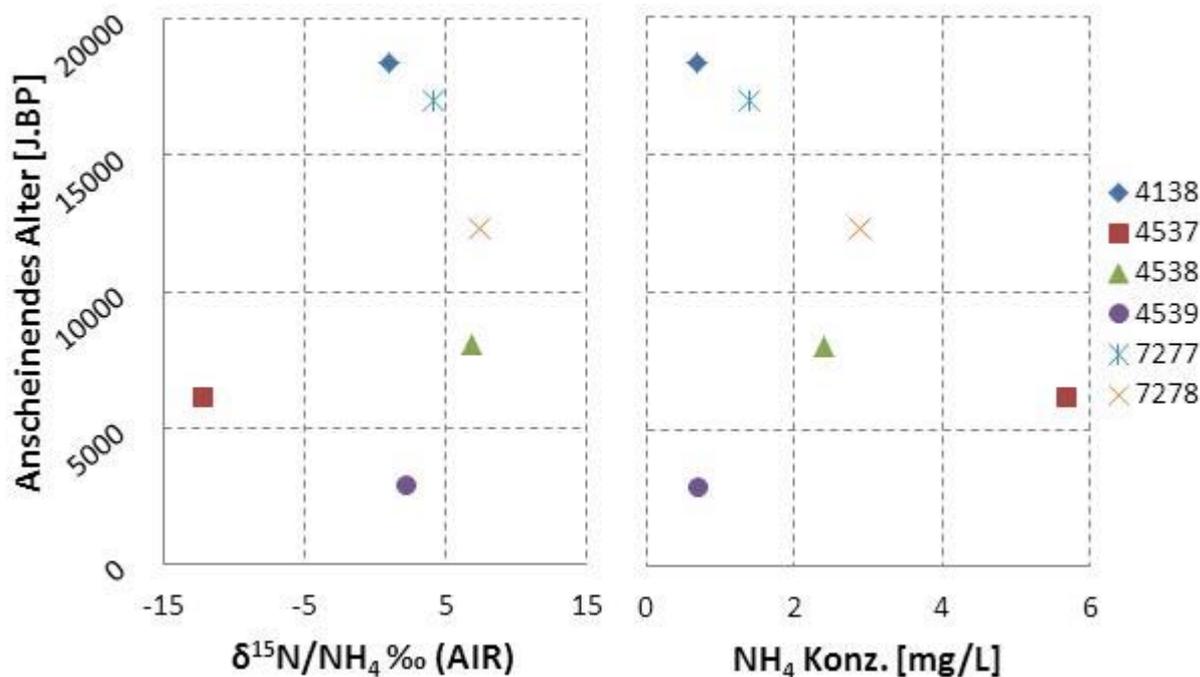


Abbildung 5: Das ^{14}C -Alter ist durch die Lösung von Kohlenstoffverbindungen im Sediment und mikrobielle Umsetzungsprozesse im Wasser verzerrt; der Vergleich von Ammoniumgehalt (rechts) und Isotopenwert (links) gegen das berechnete Alter des Wassers. Durch mikrobielle Umsetzungsprozesse im Sediment und Wasser wird das ^{14}C -Alter verzerrt und Ammonium weiterhin freigesetzt.

Die Gegenüberstellung der Radio-Carbon-Altersdatierung mit den $\delta^{15}\text{N}$ -Werten des gelösten Nitrats (Daten s. Tabelle 1) zeigt nochmals die Abhängigkeit zur Mobilisierung des Kohlenstoffs. $\delta^{15}\text{N}$ wird mit abnehmendem ^{14}C -Gehalt angereichert. Diese Isotopensignatur des $\delta^{15}\text{N}$ am gelösten Nitrat deutet auf einen Abbau von Nitrat im Rahmen des Denitrifikationsprozesses hin. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Aufstellung der Altersdatierung mit den Sulfatanalysen. Durch die mikrobielle Aktivität bei der Zersetzung von huminstoffhaltigen Nährstoffen könnte die Sulfatreduktion unterstützt werden (Abbildung 6).

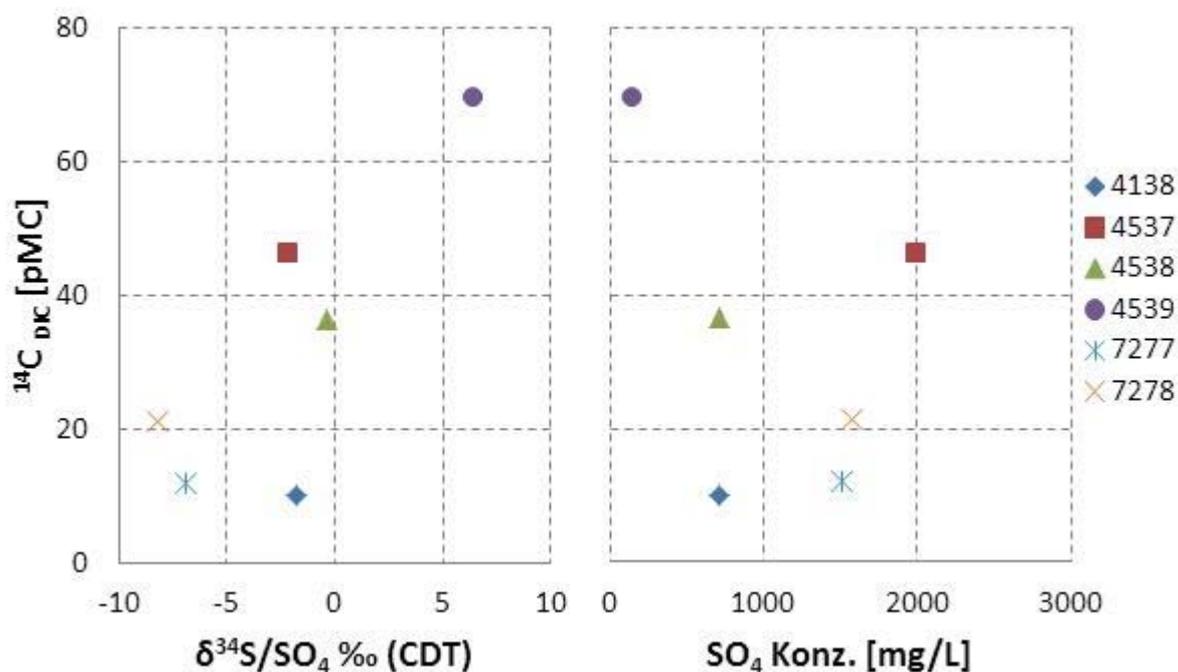


Abbildung 6: Gegenüberstellung der Radio-Carbon-Altersdatierung mit $\delta^{34}\text{S}$ und dem Gehalt an gelöstem Sulfat. Je mehr huminstoffhaltige (Nähr-)Stoffe nachgeliefert werden, desto mehr wird die Aktivität der Sulfatreduktion unterstützt.

8.3.7 Methoden der Altersdatierung im Bergbauggebiet

Die bisherigen Ergebnisse zur Altersdatierung zeigen einen heterogenen Grundwasserkörper, der in allen Messstellen beeinflusst sein kann durch Mobilisierung von C aus den Sedimenten oder Verdünnung von tritiumfreien bzw. tritiumarmen Wasser mit kohlenstoffhaltigen Wasser. Ebenso können mikrobielle Stoffumsetzungsprozesse des Kohlenstoffs die Messwerte beeinflussen.

Die Analyse von Tritium und Radio-Carbon sind nicht kennzeichnend für Ermittlung der Quelle von anorganischen Kontaminanten wie Ammonium, Nitrat, Sulfat. Die ^{14}C -Isotopensignatur wird verändert durch die Freisetzung von C aus dem Sedimentmaterial, dadurch kann das Alter des Wassers im Bergbauggebiet nicht korrekt ermittelt werden.

Allerdings kann die Altersbestimmung von Kippengrundwasser helfen, die mikrobielle Umsetzung von Kontaminanten mit nachzuweisen. Die Datierung der Altersstruktur von Wasser im Bergbaugebieten mit Hilfe von Tritium und Radio-Carbon kann beeinflusst werden durch mikrobielle Stoffumsetzungsprozesse im Wasser und Sediment, Infiltration und Mischung mit anderen kohlenstoffhaltigen Wässern sowie CO_2 -Ausgasung und ist nur eingeschränkt möglich. Die Ergebnisse sollten stets geprüft bzw. weiteren Untersuchungen gegenübergestellt werden.

8.4 Zusammenfassung

In Ergänzung der „Ersten Ergebnisse zur Klärung der Ursachen der hohen Ammoniumbelastung im Grundwasser der rekultivierten Kippe des Tagebaus Nochten“ wurden weitere Messreihen zur Kontrolle der bisherigen Daten durchgeführt. Die isotohydrochemische Untersuchung des Kippengrundwassers sollten Hinweise zur Umsetzung der Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrat im Rahmen von „Natural Attenuation“ Prozessen geben. Dazu wurden die $\delta^{15}\text{N}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte am gelösten Ammonium bzw. Nitrat, die $\delta^{13}\text{C}$ -Gehalte am gelösten organischen und anorganischen Kohlenstoff und darüber hinaus die $\delta^{34}\text{S}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte am gelösten Sulfat bestimmt.

Die Isotopenwerte des Ammoniums liegen in der zweiten Messreihe teilweise divergent zum ersten Messlauf, können aber ebenso in die Domäne typischer Isotopensignale für kohlige Sedimente eingeordnet werden.

Die Analyse der Isotopensignatur vom gelösten Nitrat zeigt Sauerstoffwerte wie Düngemittel, diese könnten jedoch durch atmosphärische Deposition oder Einträge anderer Wasserzuflüsse modifiziert sein. Die Nitratkonzentrationen lagen bei den Untersuchungen unter der Bestimmungsgrenze der Analytik, die Isotopensignatur des Nitrats deutet jedoch auf Stickstoffwerte aus Bodennitraten oder Kohle.

Auch in der zweiten Messreihe konnte keine eindeutige Wechselwirkung der Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrat im Sinne des Nitrifikationsprozesses nachgewiesen werden.

Auf dem Gebiet der Altkippe Nochten konnte eine positive Korrelation zwischen den Isotopiewerten $\delta^{34}\text{S}$ bzw. $\delta^{18}\text{O}$ und der Sulfatkonzentration nachgewiesen und im weiteren Messlauf bestätigt werden, was auf eine ablaufende mikrobielle Fraktionierung bzw. Umsetzung von Sulfat hindeutet. Am Randbereich mit einem vollgesättigten Wasserkörper ist die Sulfatreduktion bereits fortgeschritten, während im Innenbereich (7277, 7278) mit den teilgesättigten Bereichen die Sulfatreduktion noch wenig fortgeschritten ist.

Die Messungen im Oktober 2011 bestätigten die ersten Erkenntnisse zur Analyse von $\delta^{13}\text{C}$. Die Werte des gelösten Kohlenstoffs sind in der Mehrheit der Messstellen auf mikrobielle Aktivität zurückzuführen und sind typisch für Umsetzungsprozesse im Bereich der Kohle. Des Weiteren sollten verschiedene Methoden der Altersdatierung bzw. Charakterisierung der Altersstruktur eines Grundwasserkörpers in einem Tagebau erprobt werden, dafür wurde der Tritium- und Heliumgehalt sowie das Radio-Carbon-Alter bestimmt.

Die bisherigen Ergebnisse beider Messreihen zur Altersdatierung mittels $\delta^3\text{H}$ -Bestimmung zeigen einen heterogenen Grundwasserkörper, der in allen Messstellen beeinflusst sein könnte durch Mischung von tritiumfreiem bzw. tritiumarmem Wasser. Im rekultivierten Tagebau Nochten ist von einem rezenten Grundwasser, das nur wenige Jahrzehnte alt ist, auszugehen. Ein er-

kennbarer Zusammenhang zwischen Tritiumalter und den Isotopenwerten von Ammonium oder Nitrat konnte bisher nicht ermittelt werden. Weil einzelne Messstellen durch Infiltration „gestört“ sind, konnte ebenfalls keine eindeutige Korrelation zwischen den Parameter Tritiumalter und der Isotopensignatur des Sulfats nachgewiesen werden.

Die ^{14}C -Daten und das daraus ermittelte Kippenwasseralter kann durch in Lösung gehende kohlenstoffhaltige Verbindungen verzerrt werden. In der Gegenüberstellung mit der Konzentration und dem Isotopensignal am Ammonium wird erkennbar, dass es eine Abhängigkeit zur Mobilisierung des Kohlenstoffs gibt und dass andererseits die Ammoniumquelle zunächst erhalten bleibt. Durch die Freisetzung von C aus dem Sedimentmaterial und mikrobielle Stoffumsetzungsprozesse können natürliche Selbstreinigungsprozesse wie Sulfatreduktion und Denitrifikation unterstützt werden.

Die Altersbestimmung von Kippengrundwasser kann helfen, die mikrobielle Umsetzung von Kontaminanten mit nachzuweisen. Die Datierung der Altersstruktur von Wasser im Bergbaugebieten mit Hilfe von Tritium und Radio-Carbon kann im Besonderen beeinflusst werden durch mikrobielle Stoffumsetzungsprozesse im Wasser und Sediment, Infiltration und Mischung mit anderen kohlenstoffhaltigen Wässern sowie CO_2 -Ausgasung und ist nur eingeschränkt möglich.

Literatur

- CASCIOTTI, K.L.; SIGMAN, D.M.; HASTINGS, M.G.; BOHLKE, J.K.; HILKERT, A. (2002): Measurement of the Oxygen Isotope Composition of Nitrate in Seawater and Freshwater Using the Denitrifier Method, *Anal. Chem.* 74(19), 4905-4912.
- HOTH, N.; RAMMLMAIR, N.; GERTH, J.; HÄFNER, F. (2008): Leitfaden: Natürliche Schadstoffminderungsprozesse an Bergbaukippen/-halden und Flussauensedimenten; KORA Themenverbund 6.
- KENDALL, C. & McDONELL, J.J. (Hrsg.) (1998): *Isotope tracers in catchment hydrology*, Elsevier, Amsterdam, 519-576 S.
- NESTLER, A. (2009): Brief introduction into the nitrate isotope methodology and analysis; European Commission Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements, Geel, Belgien.
- NESTLER, W.; GRISCHEK, T. (Hrsg.) (2003): *Handbuch Wasserversorgung und Sulfatbelastung des Grundwassers unter land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen*, Forschungszentrum Karlsruhe, 135-218 S.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2009): *Grundwasser – Altlasten aktuell*, Schriftenreihe, Heft 37/2009, 1-16 S.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2010): *Grundwasser – Altlasten aktuell*, Schriftenreihe, Heft 28/2010, 23-30 S.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2011): *Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell*, Schriftenreihe, Heft 45/2011, 24-37 S.
- SIGMAN, D.M.; CASCIOTTI, K.L. et al. (2001): A Bacterial Method for Nitrogen Isotope Analysis of Nitrate in Seawater and Freshwater, *Anal. Chem.* 73(17), 4145-4153.
- STIEHL, G. & LEHMANN, M. (1980): *Isotopenvariationen des Stickstoffs humoser und bituminöser natürlicher organischer Substanzen*, Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung der Akademie der Wissenschaften der DDR.

IAEA: Startseite des IAEA Water Resources Programme mit zahlreichen frei verfügbaren Veröffentlichungen der IAEA:
<http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/index.html>

Für die Unterstützung des Projektes und die Diskussionsbeiträge bedanken wir uns bei der Vattenfall Europe Mining AG, Dr. Thomas Koch, dem Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann und Dr. Sabine Willscher von der TU Dresden.

9 Bewertung von Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) anhand von Fraktionen

Antje Sohr – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

In der Altlastenbearbeitung sind Mineralölschäden relativ häufig anzutreffen. Daraus ergibt sich auch die Notwendigkeit zu entscheiden, ab wann ein Mineralölschaden im Boden (MKW-Belastung) einer Sanierung bedarf und wann er unproblematisch ist. Eine Bewertung erfolgt wirkungspfadbezogen. Hauptwirkungspfade sind dabei der Pfad Boden - Grundwasser und der Direkt-pfad Boden - Mensch. Zum Schutz des Grundwassers gibt es einen Sickerwasser-Prüfwert für MKW in der BBodSchV. Ein Prüfwert für den Boden (Direktpfad Boden - Mensch) existiert nicht. Der Bedarf zur Festlegung eines Prüfwertes wurde vom Vollzug schon länger signalisiert. Das Umweltbundesamt beauftragte deshalb die Firma Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG) und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) mit der Bewertung von MKW im Boden mit dem Ziel der Ableitung von Prüfwerten. Diese Prüfwertableitung liegt seit 2005 vor, ist aber noch nicht flankiert mit einer entsprechend genormten Analytikvorschrift. Im Folgenden soll der Sachstand beschrieben werden, sodass bei Bedarf im Einzelfall die Bewertung dieser MKW-Fraktionen verwendet werden kann.

Die Schwierigkeit in der Bewertung von Summenparametern liegt in der großen Bandbreite von physikalischen, chemischen und toxikologischen Eigenschaften der Einzelsubstanzen. MKW können Hunderte von Einzelverbindungen enthalten. Für die Bewertung hat FoBiG eine Methode erarbeitet, angelehnt an Vorschläge aus den USA. Dabei werden die MKW in aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe unterteilt, außerdem entsprechend ihrer Siedepunkte und Laufeigenschaften im Gaschromatogramm in Fraktionen. So entstehen die folgenden Fraktionen, wobei die Eigenschaften der Verbindungen durch die äquivalente Kohlenstoffzahl (EC) charakterisiert werden. Jede Fraktion ist toxikologisch durch eine Indikatorsubstanz gekennzeichnet.

Tabelle 1: Charakteristische Fraktionen von Mineralölkohlenwasserstoffen mit Indikatorsubstanzen (FoBiG & BAM 2005)

Fraktionen Aromaten	Indikatorsubstanzen
Aromatisch, EC < 9	Einzelstoffbewertung
Aromatisch, EC > 9 bis 10	Trimethylbenzole
Aromatisch, EC > 10 bis 12	Naphthalin
Aromatisch, EC > 12 bis 15	Naphthalin
Aromatisch, EC > 15	Bewertung von PAK
Fraktionen Aliphaten	
Aliphatisch, EC < 6	Einzelstoffbewertung
Aliphatisch, EC > 6 bis 8	Cyclohexan
Aliphatisch, EC > 8 bis 10	White Spirit (aromatenfrei)
Aliphatisch, EC > 10 bis 12	White Spirit (aromatenfrei)
Aliphatisch, EC > 12 bis 16	White Spirit (aromatenfrei)
Aliphatisch, EC > 16 bis 34	Weißer Öle
Aliphatisch, EC > 34	nicht relevant

Es wurden die folgenden Szenarien betrachtet:

Tabelle 2: Nutzungsszenarien und Aufnahmepfade nach BACHMANN et al. (FoBiG & BAM 2005)

Nutzungsszenario	orale Bodenaufnahme	inhalative Staubaufnahme	dermaler Bodenkontakt	Aufnahme über Raumluft
Kinderspielflächen	X	X	X	
Wohngebiete	X	X	X	x
Park- und Freizeitanlagen	X	X	x	
Industrie- und Gewerbe- grundstücke		x		X

Im Ergebnis der Bewertung über Indikatorsubstanzen konnten für folgende Fraktionen Prüfwertvorschläge erarbeitet werden (Tabelle 3):

Tabelle 3: Nutzungsabhängige Prüfwertvorschläge für MKW-Fraktionen (in mg Schadstoff pro kg Boden) (FoBiG & BAM 2005)

Fraktion	Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbe- grundstücke
Aromatisch, AR1 EC > 9 bis 10	100	100	-	500
Aromatisch, AR2 EC > 10 bis 12	20	20	-	80
Aromatisch, AR3 EC > 12 bis 15	70	70	-	350
Aliphatisch, AL1 EC > 6 bis 8	20	20	-	200
Aliphatisch, AL2 EC > 8 bis 10	30	30	-	300
Aliphatisch, AL3 EC > 10 bis 12	150	150	-	1500
Aliphatisch, AL4 EC > 12 bis 16	700	700	-	7000

Die Summe aller Konzentrationen der Verbindungen einer Fraktion wird dann mit dem entsprechenden Prüfwert verglichen. Es ist also noch eine Methode erforderlich, die die analytische Erfassung der Summe der Verbindungen der jeweiligen Fraktionen ermöglicht.

Erste analytische Methodenentwicklungen erfolgten im Rahmen des o. g. Forschungsvorhabens durch die BAM. Es schloss sich eine „Machbarkeitsstudie zur Durchführung von standortspezifischen Untersuchungen bezüglich der Bestimmung toxikologisch relevanter MKW-Fraktionen“ an (BAM 2010). Auftraggeber war das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und das Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein. Das Vorhaben wurde 2010 abgeschlossen und beinhaltete die Untersuchung von realen Altlastenböden mit einer von der BAM entwickelten neuen Methode einschließlich weiterer Vergleichsmethoden zur analytischen Bestimmung der Fraktionen. Die verschiedenen Methoden basieren auf einer Identifikation mittels GC-MS bzw. GC-FID. Einbezogen wurden hierbei auch internationale Normungsbestrebungen. Der nächste Schritt wird die Testung der Robustheit der favorisierten Methode für die eher leichtflüchtigen MKW-Verbindungen in einigen

Laboren sein. Hier ist der Zeitraum 2014 avisiert. Es geht dabei zunächst um die Bestimmung der fünf Fraktionen AL 1 bis AL 3 und AR 1 bis AR 2 mittels HS-GC-MS in Anlehnung an die DIN ISO 22155.

Die durchgeführte Prüfwertableitung hat ergeben, dass der inhalative Pfad der leichtflüchtigen Verbindungen im Altlastenbereich entscheidungsrelevant ist.

In Sachsen liegen bisher Orientierungswerte für MKW (C₁₀ bis C₄₀ nach DIN 16703) vor (LfULG 2011). Diese können in speziellen Einzelfällen mit der fraktionierten Bewertung untersetzt werden.

Literatur

Bundesanstalt für Materialforschung und Materialprüfung (2010): Machbarkeitsstudie zur Durchführung von standortspezifischen Untersuchungen bezüglich der Bestimmung toxikologisch relevanter MKW-Fractionen. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein

FoBiG & BAM (2005): Bewertung von Mineralölkohlenwasserstoffen und Erarbeitung einer Begründung für einen Prüfwert gemäß BBodSchV für den Direktpfad Boden-Mensch. UBA, UFOPLAN, FKZ 203 74 274

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2011): Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung

10 Kurze Reflektion zweier Kolloquien 2012

10.1 XXII. Sächsisches Altlastenkolloquium

Christina Lausch – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Am 08./09.11.2012 luden der Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK), Landesverbandes Sachsen, als Veranstalter, das Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V. (DGFZ) als Partner und das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft als Schirmherr in den Ballsaal Lindengarten des Quality Hotel Plaza in Dresden zum XXII. Sächsischen Altlastenkolloquium ein.

Ökologische Altlasten zu behandeln und in verwertbare Flächen zu überführen, ist auch im Jahr 2012 immer noch relevant. Dieser Prozess ist aber einem stetigen Wandel unterworfen. Zum einen entwickelt sich der Stand der Sanierungstechnik weiter, zum anderen ändern sich die ökonomischen Rahmenbedingungen. Was bleibt, ist das Ziel, die Altlastenbehandlung so nachhaltig wie möglich zu gestalten.

Auch in diesem Jahr gab es wieder zahlreiche spezifische Altlastenthemen, die einem interessierten Fachpublikum vorgestellt und mit ihm diskutiert wurden. So gliederte sich das Programm in fünf Themenblöcke, in denen das breite Spektrum der täglichen Altlastenbearbeitung angesprochen wurde. Angefangen von den bodenschutzrechtlichen Grundlagen bis hin zu ausgewählten Fallbeispielen, wurden neben Vorträgen sächsischer Vertreter auch Kollegen aus Bundes- und Länderbehörden sowie Firmen und Forschungseinrichtungen aus dem gesamten Bundesgebiet eingeladen. Im Weiteren wurden Themen aus der Altlastenfreistellung und der Flächenrevitalisierung vorgetragen.

In den Beiträgen der Forschungseinrichtungen und Ingenieurbüros wurde über neue und innovative Verfahren der Altlastensanierung berichtet. Eine Ausstellung der Firmen, Forschungsinstitute und Verbände bereicherte wieder das Kolloquium.

Das XXIII. Sächsische Altlastenkolloquium findet 2014 wieder in Dresden statt.

10.2 Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“

Eike Barthel, Jörg Kunze, Dr. Peter Börke – Fachliche Leitung des Arbeitskreises Grundwasserbeobachtung

Der Arbeitskreis „Grundwasserbeobachtung“ führt seit 2002 in einem zweijährigen Rhythmus Weiterbildungsveranstaltungen zum Thema Grundwasserprobennahme durch. Dem Arbeitskreis gehören die Landesumwelt- und Geologiebehörden der Länder Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg sowie das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig-Halle und seit 2011 auch das Land Berlin an. Die Veranstaltungen haben neben der Grundwasserprobennahme auch ein vielfältiges Themenspektrum rund um die Grundwasserbeobachtung. Auf Wunsch vieler Teilnehmer werden auch Elemente wiederholt. Die Weiterbildung fand am 06. und 07.11.12 in Dresden-Pillnitz statt; folgende Kenntnisse konnten vertieft werden:

- Bau von Grundwassermessstellen
- Qualifiziertes Grundwassermonitoring
- Spurenstoffe im Grundwasser
- Ursachen und Wirkungen hoher Grundwasserstände

Der Vortragsteil wurde im Anschluss durch ein Praktikum auf dem Betriebsgelände der Stadtentwässerung Dresden GmbH in Dresden-Kaditz ergänzt.



Abbildung 1: Eröffnung der Weiterbildung durch den ständigen Vertreter des Präsidenten des LfULG, Heinz Gräfe (links), mit im Bild: Dr. Andreas Eckardt, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2. v. l.), Karin Kuhn, LfULG (3. v. l.), Mathias Weiland, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (4. v. l.)

Heinz Gräfe, ständiger Vertreter des Präsidenten des LfULG, eröffnete die Veranstaltung. Karin Kuhn ging auf die 100-jährige Tradition der staatlichen Grundwasserbeobachtung im mitteldeutschen Raum ein und verwies insbesondere darauf, dass die Anfänge der Grundwasserstandsbeobachtung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht nur wasserwirtschaftlichen, sondern vor allem kommunalhygienischen Bezug hatten. Mathias Weiland gab einen Überblick über die Anforderungen an die Grundwasserbeobachtung seit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Verbindung mit der Grundwasserrichtlinie.

Hohe Grundwasserstände in den Jahren 2010 und 2011 waren in ganz Mitteldeutschland zu verzeichnen. Mit den Vorträgen von Andrea Prüß und Christiana Mühlner vom LHW Sachsen-Anhalt sowie Alexander Limberg von der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin wurde das Spannungsfeld zwischen Eigenvorsorge der von hohen Grundwasserständen Betroffenen sowie Haftungsfragen aufgezeigt. Ausgewählte Aspekte des Grundwassermanagements in einer Großstadt wurden von Kirsten Ullrich (Stadtverwaltung Dresden) beleuchtet.

Ein umfangreicher Vortragsblock widmete sich neuen analytische Möglichkeiten und Kriterien zur Bewertung von Spurenstoffen sowie deren Vorkommen in Grund- und Oberflächengewässern, insbesondere auch in urbanen Bereichen. Dabei stehen Pharmawirkstoffe, Pflanzenschutzmittel und deren Metaboliten sowie Industriechemikalien im Vordergrund der Betrachtungen, wie von Rüdiger Wolter vom Umweltbundesamt Dessau-Roßlau vorgetragen.

Inwieweit die Interaktion zwischen Oberflächen- und Grundwasser und damit auch der Stoffeintrag mittels der Temperatur als Tracer detektiert werden kann, wurde durch Christian Schmidt vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig-Halle erläutert. Welche Rolle spielt die Mikrobiologie bei Stoffumsatz und Stoffaustrag in Kippen- und Haldenstandorten des Bergbaus? Dieser Frage ging Dr. Sabine Willscher von der Technischen Universität Dresden nach.

Der letzte Vortragsblock widmete sich ausführlich dem neuen Merkblatt „Bau von Grundwassermessstellen“ des Arbeitskreises Grundwasserbeobachtung, welches anhand von Beispielen im Festgesteinsbereich erläutert wurde. Große Unterstützung bei Bau und Funktionsfähigkeitsprüfung von Grundwassermessstellen können geophysikalische Messverfahren liefern. Es sollten hierzu solche Verfahren bevorzugt eingesetzt werden, die die Hinterfüllung der Bohrlochwand untersuchen, um das Vorhandensein und die Lage von Tonsperren nachzuweisen.

Die Vorträge sind auf der Internetseite des Arbeitskreises Grundwasserbeobachtung unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/10828.htm> eingestellt.



Abbildung 2: Vorführung von Bohrlochgeophysik (Bildmitte: Karsten Baumann, Bohrlochgeophysik Storkow GmbH)

Die meisten Teilnehmer besuchten das Praktikum, bei dem geophysikalische Messgeräte und eine Grundwasserprobennahme demonstriert wurden. Ergänzt wurde das Praktikum durch Vorführungen und interessante Beiträge von Mitarbeitern der Stadtentwässerung Dresden GmbH auf dem betriebseigenen Klärwerksgelände.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
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:

Antje Sohr, Sabine Gruhne, Christina Lausch, Dr. Natalja Barth, Kati Kardel,
Bernd Siemer, Heiko Ihling, Holger Forberg, Günter Rank, Dr. Peter Börke
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Dr. Erik Nowak
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
Jan Becker, Dr. Sabine Willscher, Doreen Knippert, Denise Kühn
TU Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten
Kay Knöllner, Christina Jeschke
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung; Dep. Catchment Hydrology

Redaktion:

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

Redaktionsschluss:

22.11.2012

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> 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 Parteinarbeit 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.