

Urankonzentrationen im Grundwasser von Sachsen-Anhalt



SACHSEN-ANHALT

**Landesamt für Umweltschutz
Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft**

Bearbeitung: **Landesamt für Umweltschutz**
Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft

Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	2
2 Veranlassung und Zielstellung	3
3 Literaturrecherche zu Uran im Grundwasser	3
4 Analysenverfahren und Bewertungsmethodik	6
5 Ergebnisse der Untersuchungen	7
6 Zuordnung der Messstellen zu den Grundwasserkörpern nach EG-Wasserrahmenrichtlinie	9
7 Zuordnung der Messstellen zu den hydrogeologischen Bezugseinheiten	13
8 Zusammenfassung	17
9 Schlussfolgerungen und Ausblick	18
Glossar	20
Quellenverzeichnis	22
Anhang 1	24
Übersichtskarte Urankonzentrationen im Grundwasser von Sachsen-Anhalt	
Anhang 2	25
Messergebnisse Urankonzentrationen im Grundwasser Sachsen-Anhalt 2002 – 2005	

1 Einleitung

Uran ist ein silberweißes weiches Schwermetall von hoher Dichte. Es ist das natürlich vorkommende Element mit der höchsten Atommasse. Natürliches Uran ist die Mischung seiner Isotope U-238 (99,276 %), U-234 (0,0056 %), U-235 (0,718 %). Alle natürlichen Uranisotope senden ionisierende Strahlung aus.

Seine Häufigkeit in der Erdkruste beträgt etwa 2,3 Gramm/Tonne (2,3 ppm). Dies hat zur Folge, dass Luft, Trinkwasser, Böden und Nahrungsmittel Spuren von natürlichem Uran enthalten.

Da Uran sehr leicht oxidiert, kommt es in der Natur nie elementar, sondern nur in Form unterschiedlicher, meist sauerstoffhaltiger Verbindungen bzw. Komplexe vor.

Die Genese der Grundwässer und ihre Speicherung in geeigneten geologischen Formationen ist die Ursache für das natürliche Vorkommen diverser Elemente. Dazu zählt auch das ubiquitäre Schwermetall Uran, das in geringen Konzentrationen in der Hydrosphäre vorkommt.

Die Urankonzentration von ca. 3,3 µg/l in Meerwasser gegenüber den zum Teil deutlich geringeren Konzentrationen in den Flüssen (0,03 µg/l im Amazonas bis 3,9 µg/l im Ganges) zeigt, dass Uran ein Element ist, das im Meer angereichert wird. Deutsche Flüsse weisen in der Regel Urankonzentrationen zwischen ca. 1 und 3 µg/l auf. Uran findet sich in Deutschland im unbeeinflussten Grundwasser in Konzentrationen von kleiner 1 bis über 100 µg/l.¹

Aus der Sicht der Wirkung auf den Organismus von Säugern dominieren bei eher geringen Konzentrationen die chemischen d.h. toxischen Eigenschaften des Urans, die radiologische Belastung tritt in den Hintergrund.

Uran wirkt im Organismus von Säugetieren ähnlich wie auch Blei, Cadmium und Quecksilber stark nierenschädigend.

Um eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch erhöhte Konzentrationen natürlich vorkommender Metallionen auszuschließen, werden nur ausgewählte Grundwässer für die Trinkwassergewinnung herangezogen.

Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) legt keinen Grenzwert für Uran und seine Verbindungen fest².

Es sind Leitwerte³ für Trinkwasser empfohlen worden, die auf der Basis international vorhandener toxikologischer Daten und durchgeführter Experimente an Tieren zur Untersuchung der Toxizität von Uranverbindungen gewonnen wurden. Dieser Wert stellt die lebenslang gesundheitlich duldbare Höhe der Uranbelastung für den Menschen dar.

In der Bundesrepublik Deutschland wurde aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse ein Leitwert für Uran von 10 µg/l vorgeschlagen.

Für das Grundwasser selbst existieren keine Grenz- bzw. Richtwerte.

¹ [<http://de.wikipedia.org/wiki/Uran>]

² Hier gilt das Minimierungsgebot nach § 6, Abs. 3 TrinkwV 2001. Dabei sind „Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Wasser für den menschlichen Gebrauch verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können“, so niedrig zu halten, „wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist.“

³ • Die Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2003) empfiehlt einen Leitwert von 15 µg/l.

• Die US-Umweltschutzbehörde EPA (2000) schlägt einen Wert von 20 µg/l vor.

• Das Umweltbundesamt (UBA, 2005) hält einen Leitwert von 10 µg/l als duldbar.

2 Veranlassung und Zielstellung

Die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit beim Umweltbundesamt lud am 24.06.2002 zu einer Besprechung ein, welche die chemische Toxizität und das Vorkommen von Uran in Wässern zum Inhalt hatte.

Im Ergebnis dieser Sitzung erging an die verantwortlichen Behörden der Bundesländer die Bitte, dem BMU verfügbare Informationen und Ergebnisse zu Messungen der Urankonzentrationen im Grund- bzw. im Roh- und Trinkwasser zur Verfügung zu stellen, um basierend auf diesen Informationen die Verteilung von Uranverbindungen realistisch, d.h. wissenschaftlich bewerten zu können.

In Bearbeitung dieser Anfrage wurde für Sachsen-Anhalt – auch im Vergleich zu anderen Bundesländern – ein inhomogener Datenbestand mit nicht repräsentativer Datendichte hinsichtlich der Messungen von Urankonzentrationen festgestellt.

Mit dem Ziel, dieses Defizit abzubauen, wurde im gleichen Jahr im Rahmen des Gewässerüberwachungsprogramms Sachsen-Anhalt (GÜSA) ein Sondermessprogramm zu Uran im Grundwasser aufgestellt, welches 2003 auf ausgewählte Wasserwerke erweitert wurde.

Die Aktualität und Bedeutung der Aufgabe wurde durch eine Anfrage der Arbeitsgemeinschaft Grundwasser/ Wasserversorgung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) an die verantwortlichen Behörden der Bundesländer mit dem Auftrag, Messergebnisse zu Urankonzentrationen im Medium Grundwasser zusammenzustellen, unterstrichen. Beabsichtigt war, im Vorfeld der Festlegung bundeseinheitlicher geringfügigkeitsschwellenwerte von Uranverbindungen im Grundwasser, den Datenhorizont zu erweitern.

Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, in einer ersten Bestandsaufnahme alle im Land zur Verfügung stehenden Daten zu Urankonzentrationen im Grundwasser, ergänzt um Rohwasserdaten, zu vereinen. Auf dieser Datengrundlage, gebildet durch Daten aus dem Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt, Messwerten aus dem Programm des Integrierten Mess- und Informationssystems des Bundes zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) und Daten von Wasserversorgern soll in einem ersten Überblick die geogene Verteilung von Uranverbindungen im Grundwasser von Sachsen-Anhalt beschrieben werden.

Die Überwachung des Trinkwassers hinsichtlich der Anforderungen der TrinkwV ist Aufgabe der Gesundheitsämter und gehört zu den Pflichten der Wasserversorgungsunternehmen. Entsprechende Untersuchungen sind nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

3 Literaturrecherche zu Uran im Grundwasser

Im Rahmen dieses Berichtes wurde eine umfangreiche Literaturrecherche der bundes- und landesweit vorliegenden bedeutsamen Veröffentlichungen zur Uranthematik

im Grundwasser in Deutschland und speziell in Teilen von Sachsen-Anhalt vorangestellt.

Im Bericht wird dazu insbesondere auf nachfolgend aufgeführte Literaturquellen Bezug genommen:

- **(1) Länderübergreifende Auswertung der Urankonzentrationen in den Grundwässern Deutschlands**
Forschungszentrum Jülich GmbH, Kunkel und Wendland, 2005
- **(2) Zwischenbericht zur Messung der Radioaktivität der Stollenwässer ehemaliger Bergbaustollen in den südlichen Teilen Sachsen-Anhalts**
LAU- Bericht an MLU, Gragert, 2001, unveröffentlicht
- **(3) Ermittlung und Bewertung der Belastungen durch Radionuklide im Bereich des Risikogebietes 3 – ÖGP Mansfelder Land**
ARGE GFE/IHU/HPC, Anhang 5 des Endberichtes „Risikogebiet 3 - ÖGP Mansfelder Land, 2006, unveröffentlicht
- **(4) Uran in Wässern- Untersuchungen in ostdeutschen Flüssen und Grundwässern**
Gellermann/Stolz, HGN Braunschweig/ Bergakademie Freiberg, Zeitschrift Umweltchemie/ Ökotox. 9 (2), Seiten 87-92, 1997

Eine grundlegende Bedeutung bei der Auswertung der Urankonzentrationen für Sachsen-Anhalt wurde dem unter (1) zitierten Bericht eingeräumt, welcher eine Ergänzung zum Bericht „Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland“ von Kunkel et al (2004) darstellt.

In (1) wurde unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Bezugseinheiten nach der HÜK 200 (13) die natürliche Verteilung der Urankonzentrationen für die Bundesrepublik Deutschland abgebildet.

Für Sachsen- Anhalt lagen bereits einige Projektergebnisse zu Uranuntersuchungen in ausgewählten Regionen vor.

Nach (2) wurden im Jahr 2001 Wässer aus Mundlöchern von Stollen des Altbergbaus, die der Förderung von Schwermetallerzen zu DDR-Zeiten dienten, durch das ehemalige Staatliche Amt für Umweltschutz Halle untersucht. Hierbei wurden Messungen an verschiedenen Stollen der Landkreise Sangerhausen, Mansfelder Land, Saalkreis, Merseburg-Querfurt und Weißenfels hinsichtlich ihres Beitrages zur Strahlenexposition durchgeführt.

Dabei wurden erhöhte Gehalte von natürlichen Radionukliden im Stollenwasser festgestellt, die auf die Verbindung mit Schwermetallerzen, wie Kupferschiefer, geogen bedingt oft mit erhöhten Urankonzentrationen im Gestein verbunden, zurückzuführen sind.

Im Ergebnis wurde festgehalten, dass in allen Stollenwässern die alphaspektrometrisch bestimmten Nuklide U-238 und U-234 nachweisbar sind. Annähernd die Hälfte der Untersuchungen ergab Messergebnisse, die im Bereich durchschnittlicher Grundwässer lagen. Die restlichen Stollenwässer wiesen eine bis zu einer Größenordnung höhere Urankonzentration auf.

Maximalwerte für U-238 wurden dabei an folgenden Stollen registriert:

- | | | |
|----------------------|----------------------|------------------|
| • Teuditzer Stollen | (Merseburg-Querfurt) | 0,47 Bq/l U-238 |
| • Erdebörner Stollen | (Mansfelder Land) | 0,41 Bq/l U-238 |
| • Schlüsselstollen | (Saalkreis) | 0,37 Bq/l U-238. |

Umgerechnet auf die entsprechenden Uran-Massenkonzentrationen (siehe Kap.4) ergeben sich folgende Werte:

- | | | |
|----------------------|----------------------|---------------|
| • Teuditzer Stollen | (Merseburg-Querfurt) | 38 µg/l Uran |
| • Erdebörner Stollen | (Mansfelder Land) | 33 µg/l Uran |
| • Schlüsselstollen | (Saalkreis) | 30 µg/l Uran. |

Für weitere Beobachtungen an diesen Messpunkten besteht Handlungsbedarf.

Im Jahr 2004 wurden nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL 2000/60/EWG)“ im Zuge der weitergehenden Beschreibung der im Rahmen der Verschmutzung durch Punktquellen und weiterer diffuser Schadstoffquellen ausgewiesenen Risikogebiete im Grundwasser für das ÖGP Mansfelder Land die relevanten Wasserpfade, auch im Hinblick auf das mögliche Vorkommen von Radionukliden, einer Bewertung unterzogen (3).

Untersuchungen dazu wurden im Dreieck Hettstedt – Mansfeld – Eisleben durchgeführt.

Als natürliche Quelle für die Nuklide im Bearbeitungsgebiet gelten die „Mausaugen“ innerhalb des Kupferschiefers (konzentrierte Cu-Linsen im Gestein) sowie angrenzende Schichten des Zechsteinkalks und des Weißliegenden.

Ein Eintrag von Radionukliden in die Gewässer durch die historisch entstandenen Haldenablagerungen und die Theisenschlammablagerungen ist innerhalb des Bearbeitungsgebietes nachgewiesen. Das Vorkommen von Radionukliden in diesen Schlämmen wurde bereits Anfang der neunziger Jahre mehrfach untersucht und im Ergebnis festgestellt, dass dafür in erster Linie die Glieder der U-238-Zerfallsreihe maßgeblich sind.

Die höchsten Urankonzentrationen im Grundwasser wurden dabei

- im Gebiet Mansfeld mit 30 µg/l,
- im Raum Hettstedt mit 100 µg/l,
- im Raum Eisleben/Wimmelburg mit 90 µg/l und
- und in Hornburg (Einzelobjekt) mit 120 - 170 µg/l

ermittelt. Die sich in der Nähe von Halden betreffenden Grundwassermessstellen vertreten den quartären Lockergesteinsbereich.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde weiterhin festgestellt, dass die erhöhten Urankonzentrationen (Isotop U-238) an hohe Sulfatgehalte im Grundwasser gebunden sind.

In (4) wurden Betrachtungen durchgeführt, um sich einen Überblick über die vorhandene Hintergrundsituation von Uran in Gewässern der neuen Bundesländer zu verschaffen. Die Auswertung der dafür einbezogenen Gebiete zwischen der Altmark (Sachsen-Anhalt) und dem Vogtland (Sachsen) zeigt deutliche regionale Konzentrationsschwankungen.

Speziell im Unterharzgebiet/ Mansfelder Land (südwestliches Sachsen-Anhalt zwischen Sangerhausen und Eisleben) wurden für unterschiedliche Grundwasserleiter überdurchschnittlich hohe Medianwerte für das Uranisotop U-238 in Höhe von 0,170 Bq/l ermittelt. Das entspricht umgerechnet einer Massenkonzentration von 14 µg/l Uran.

Als Vergleich sei der ermittelte Gesamtmedian für alle untersuchten Areale im Betrachtungsraum in Höhe von nur 0,012 Bq/l angeführt. Dieser Wert entspricht einer Massenkonzentration von 1 µg/l Uran.

Zusammenfassend ist aus den vorliegenden Ergebnissen festzuhalten, dass im Betrachtungsgebiet des Mansfelder Landes eine erhöhte geogen bedingte Konzentration für das Uranisotop U-238 vorliegt. Das Ergebnis ist aufgrund der geringen Anzahl an Einzeluntersuchungen jedoch als eher orientierend einzustufen.

In der Gesamtbetrachtung der Bundesrepublik Deutschland wird aus den Ergebnissen und Vergleichen eine insgesamt zehnfache Überhöhung der geogenen Konzentration für das Isotop U-238 im Mansfelder Land gegenüber dem bundesdeutschen Durchschnitt abgeleitet. Diese Tatsache ist jedoch für die Sicherstellung einer einwandfreien Trinkwasserversorgung im Mansfelder Land ohne Bedeutung, da die Trinkwasserversorgung in diesem Bereich 100%ig über die Fernwasserversorgung realisiert wird.

Die Literaturrecherchen der zur Verfügung stehenden Studien und Untersuchungen aus den letzten Jahren, die Bezug auf vorhandene erhöhte Urankonzentrationen bzw. das Vorhandensein von Uranisotopen in Wässern in Sachsen-Anhalt nehmen, belegen, dass in den südlichen und südwestlichen Regionen Sachsens von jeher eine erhöhte geogen bedingte Konzentration von Uranverbindungen vorhanden ist.

4 Analysenverfahren und Bewertungsmethodik

Analysenverfahren

Zur Feststellung der Urankonzentrationen werden zwei unterschiedliche analytische Verfahren angewendet.

Zum einen das Verfahren E 29 nach der DIN 38406-29- Bestimmung von 61 Elementen durch Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) (E29)- zur Bestimmung des gelösten Urans in wässrigen Lösungen (Gesamt-Uran [µg/l]) und zum anderen das Verfahren H-α-SPEKT-TWASS-01-01 zur einzelnuklidspezifischen alphaspektrometrischen Bestimmung von Uranisotopen (U-234, U-235 und U-238) im Trink- und Grundwasser.

Die Bestimmungsgrenze liegt in Trinkwässern und schwach belasteten Wässern für Gesamt-Uran bei 0,1 µg/l, für die meisten der anderen 61 Elemente bei 0,1 µg/l bis 1,0 µg/l.

Bewertungsmethodik

Die für den Bericht zur Verfügung stehenden Daten lagen in unterschiedlicher Konzentrationsangabe (Aktivitätskonzentration und Massenkonzentration) vor, so dass es notwendig war, die Messwerte einheitlich auf die Massenkonzentration wie folgt umzurechnen, um vergleichbare Datensätze betrachten zu können:

- Die gemessene Aktivität von 1 mBq/l U-238 aus natürlichen Quellen entspricht der Konzentration von 81 ng/l chemisch bestimmten Gesamturan.

Somit wird nur das Isotop U-238, das mit 99,276 % im Gesamturan enthalten ist, berücksichtigt. Die Anteile der restlichen Isotope U-235 sowie U-234 sind vernachlässigbar.

Diese Herangehensweise bei der Umrechnung der Massenkonzentration aus der alphaspektrometrischen Ermittlung von Uranisotopen kann als zulässig betrachtet werden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass das ermittelte Uran in seiner natürlich vorkommenden Isotopenzusammensetzung vorliegt. Dieser methodische Ansatz wurde auch in (1) angewandt.

Zur Auswertung der Messergebnisse wurde eine vierstufige **Klassifizierung** festgelegt:

Tabelle 1:
Klassifizierungsstufen und zugehörige Wertebereiche für Uran

Klassifizierungsstufe	Wertebereich
1	$\leq 1 \mu\text{g/l}$
2	$> 1 \mu\text{g/l} \dots \leq 10 \mu\text{g/l}$
3	$> 10 \mu\text{g/l} \dots \leq 20 \mu\text{g/l}$
4	$> 20 \mu\text{g/l}$

Die Festlegung der Wertebereiche erfolgte in Anlehnung an die Größenordnung der in (1) erfassten bundesweiten Daten, letztendlich auch aus Gründen einer übersichtlichen Darstellung des Gesamtbildes für Sachsen-Anhalt.

5 Ergebnisse der Untersuchungen

In den Jahren 1996 bis 2005 wurde an insgesamt 106 Messstellen untersucht, davon an 34 im Grundwasser, ergänzt um 72 Messstellen im Rohwasser.

Angaben zu Stammdaten der Grundwassermessstellen (Lage-Koordinaten, Grundwasserkörper, Grundwasserleiter u.a.) sowie zu vorliegenden Messreihen (Jahresreihen oder Angabe der Untersuchungsjahre) können der *Tabelle „Urankonzentrationen im Grundwasser von Sachsen-Anhalt, 2002 - 2005“* im Anhang 2 entnommen werden.

Bei den Messungen der Uranisotope U-238, U-235 und U-234 wurde die jeweilige Aktivitätskonzentration [Bq/l] ermittelt.

Um eine Vergleichbarkeit mit den Messergebnissen für das Gesamturan [$\mu\text{g/l}$] zu ermöglichen, wurden die ermittelten Werte für die Aktivitätskonzentration in $\mu\text{g/l}$ Gesamturan umgerechnet (siehe Kap.4).

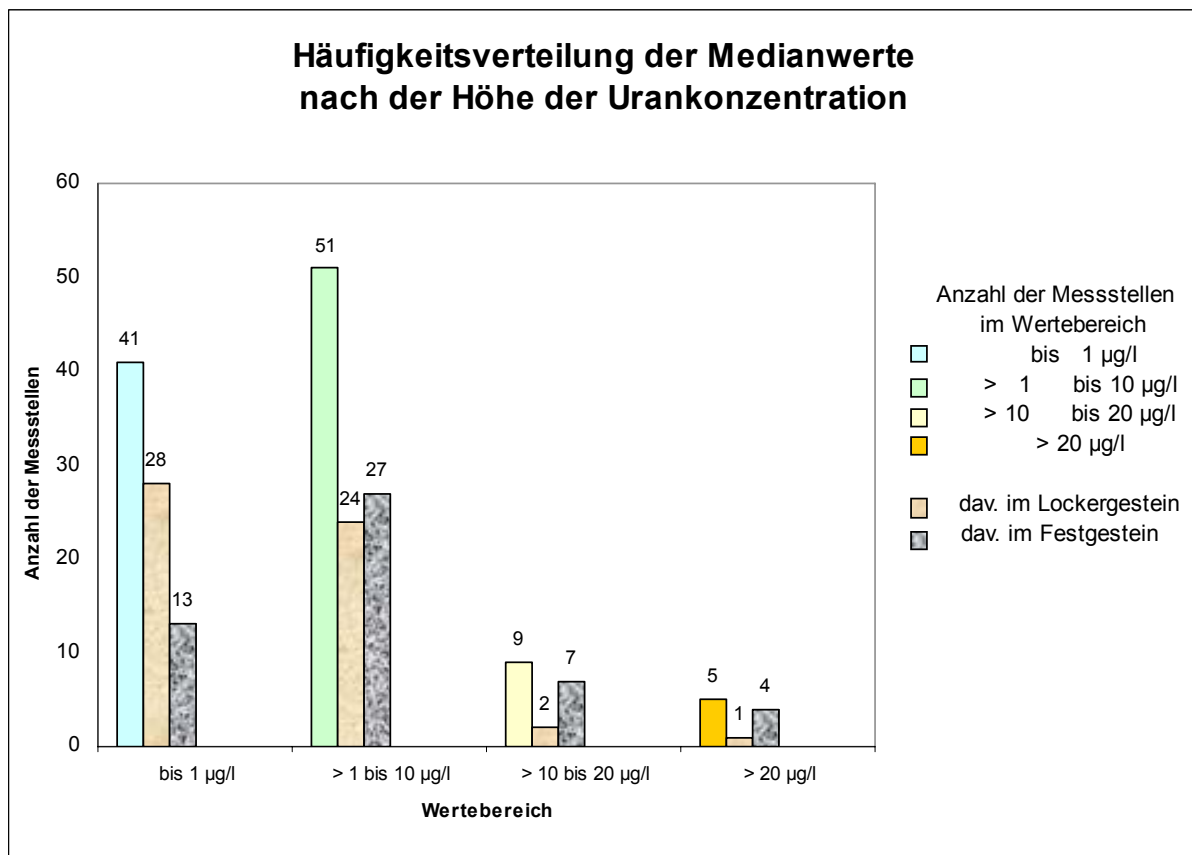
Von den insgesamt 106 Messstellen sind 55 im Lockergestein und 51 Messstellen im Festgesteinsbereich ausgebaut.

Für jede der ausgewählten Messstellen aus dem landesweiten Überblicksmessnetz des Gewässerkundlichen Landesdienstes wurde eine zweimalige Untersuchung festgelegt, um für die Auswertung mindestens zwei Messwerte zur Verfügung zu haben.

Eine Ausnahme bilden die zwei Landesmessstellen Lengfeld und Seyda, die in das IMIS-Messprogramm des Landes eingebunden sind und fortlaufend zweimal jährlich (Frühjahr und Herbst) untersucht werden.

Nach entsprechender Datenaufbereitung einschließlich erforderlicher Umrechnungen auf die Massenkonzentration wurden die Medianwerte den vier ausgewiesenen Klassifizierungsstufen zugeordnet. Das Ergebnis hierzu zeigt nachfolgende Abbildung:

Abbildung 1:
Häufigkeitsverteilung der Medianwerte



Im Ergebnis stellt sich die Situation wie folgt dar:

- Von allen 106 untersuchten Messstellen konnten die Medianwerte von 41 (= 39 %) in die Stufe 1 eingruppiert werden. Hier lassen sich 92 % aller Rohwasseruntersuchungen einordnen.
- 51 Medianwerte der beprobten Messstellen, das bedeutet 48 %, lagen in der Stufe 2, davon 8 % im Rohwasser.
- 9 Messstellen (= 8 %) lagen im Bereich der Stufe 3.
- Die restlichen 5 Medianwerte der untersuchten Messstellen (= 5 % der Gesamtheit) überschritten den Wert von 20 µg/l und wurden entsprechend der Stufe 4 zugeordnet.
- Die höchsten Urankonzentrationen wurden im Einzelnen an folgenden Messstellen festgestellt:
 - Erdeborn OP (Mansfelder Land, Lockergestein)
 - Volkstedt (Mansfelder Land, Festgestein)
 - Steuden (Saalkreis, Festgestein)
 - Emseloh, (Sangerhausen, Festgestein)
 - Schmon (Merseburg-Querfurt, Festgestein).
- Die Proben mit den insgesamt geringsten Urankonzentrationen wurden an drei Messstellen im Burgenlandkreis im Festgestein sowie an je einer Messstelle in den Landkreisen Wittenberg (Lockergestein) und Merseburg-Querfurt (Festgestein) sowie in der Stadt Halle (Festgestein) ermittelt.

6 Zuordnung der Messstellen zu den Grundwasserkörpern nach EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

In Sachsen-Anhalt sind insgesamt 76 Grundwasserkörper (GWK) entsprechend den Anforderungen der WRRL ausgewiesen. Einige dieser GWK reichen auch über die Landesgrenze bis in benachbarte Bundesländer hinein.

Von den 76 GWK wurden bisher 33 GWK bei den Uranuntersuchungen berücksichtigt. Das entspricht einem Anteil von 43 %. In 19 von 33 GWK sind zwei oder mehr Messstellen berücksichtigt wurden.

Die Verteilung der Messwerte in den einzelnen Grundwasserkörpern ist in Tabelle 2 gegeben.

Tabelle 2:

Ergebnisse der Uran-Untersuchungen in den Grundwasserkörpern (Angaben in µg/l)

GWK	N	MIN	P50	P90	MAX
4_2105	1	0,47			0,65
4_2107	2	2,0			2,4
EL 3-3	3	0,17	0,17		2,27
EL 3-4	2	0,15			0,24
EN 2	2	0,10			2,53
HAV_UH_5	1	0,04			0,105
MBA 1	1	0,009			0,009
MBA 2	1	0,029			0,40
NI 10_01	2	1,70			4,2
NI 10_03	3	0,009	0,04		0,7
OT 2	6	0,10	0,35		0,68
SAL GW 013	1	2,35			3,48
SAL GW 014	22	0,081	3,22	22,11	31,59
SAL GW 014a	7	0,089	2,3		4,5
SAL GW 015	2	3,24			19,0
SAL GW 016	1	6,48			6,8
SAL GW 018	1	0,03			0,03
SAL GW 019	1	1,94			2,43
SAL GW 020	1	18,63			18,63
SAL GW 022	1	3,81			5,35
SAL GW 034	1	6,3			6,3
SAL GW 038	6	0,8	10,62		54,27
SAL GW 041	1	3,16			9,72
SAL GW 042	6	1,8	8,1		68,85
SAL GW 048	4	3,32	7,05		10,53
SAL GW 059	3	0,023	0,56		0,79
SAL GW 061	2	3,08			3,2
SAL GW 062	6	3,7	4,75		5,2
SAL GW 064	5	0,01	0,05		0,8
SAL GW 065	7	0,10	1,35		11,0
SAL GW 066	1	0,10			0,10
SE 5	2	0,037			0,24
VM 2-1	1	0,063			0,081

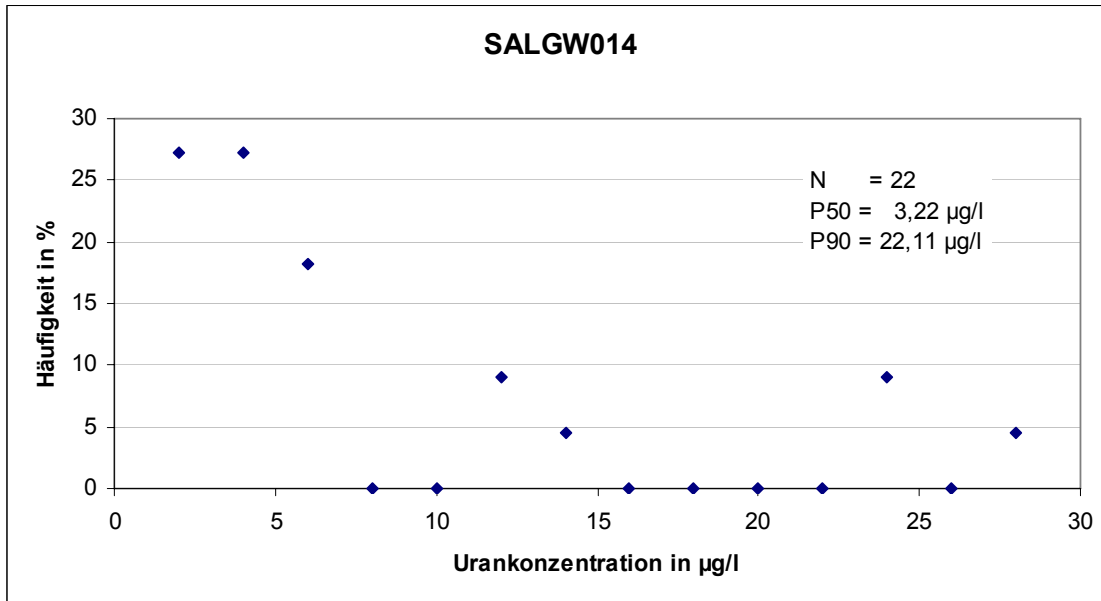
GWK Grundwasserkörper
N Anzahl der Messstellen je GWK
MIN kleinster Wert
P50 50 Perzentil (Ausweisung ab 3 Messwerten im GWK)
P90 90 Perzentil (Ausweisung ab 11 Messwerten im GWK)
MAX größter Wert

Zur Erhöhung der Aussagekraft wurden bei der Ausweisung der Minimum- und Maximum- Werte in der Tabelle 2 entsprechende Einzelwerte der Messstellen berücksichtigt. Die gleiche Vorgehensweise wurde auch in der Tabelle 4 (Datenanalyse in den hydrogeologischen Bezugseinheiten) praktiziert.

Eine Übersichtskarte zur Uranverteilung (Medianwerte) in den GWK Sachsen-Anhalts an den Messstellen im Fest- sowie Lockergestein befindet sich im /Anhang 1/

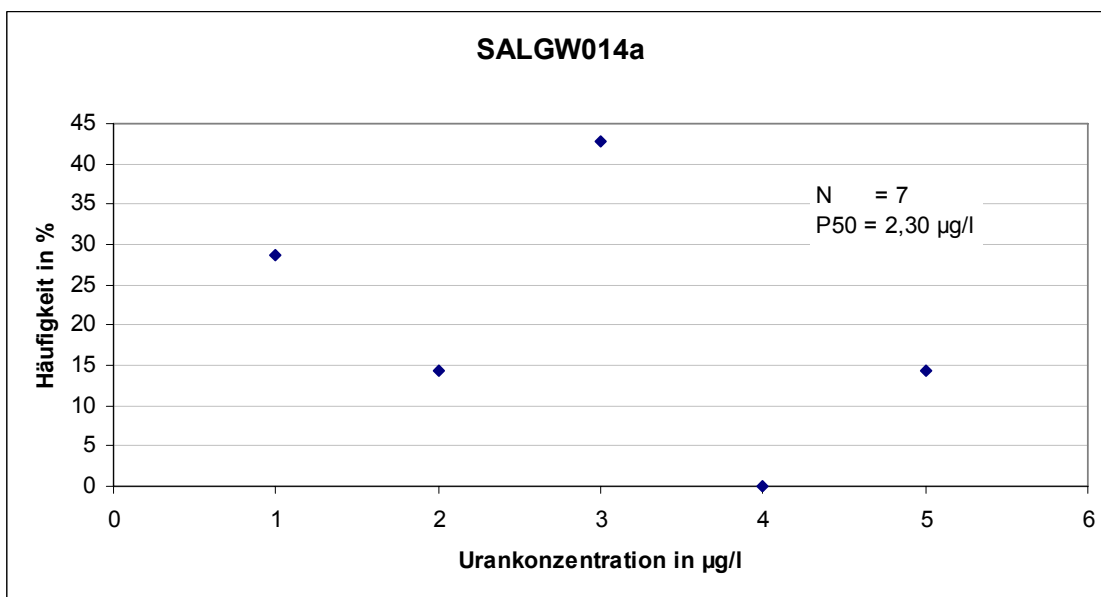
Für drei Grundwasserkörper mit genügender Messstellenpräsenz ist nachfolgend die Häufigkeitsverteilung der Medianwerte abgebildet:

Abbildung 2:
Häufigkeitsverteilung der Medianwerte im GWK »SAL GW 014«



Die Urankonzentrationen im Grundwasserkörper *Mansfeld-Querfurt-Naumburger Triasmulden und -platten (SAL GW 014)* liegen im Bereich von 0,081 bis 31,59 µg/l bei einem Median von 3,22 µg/l vor.

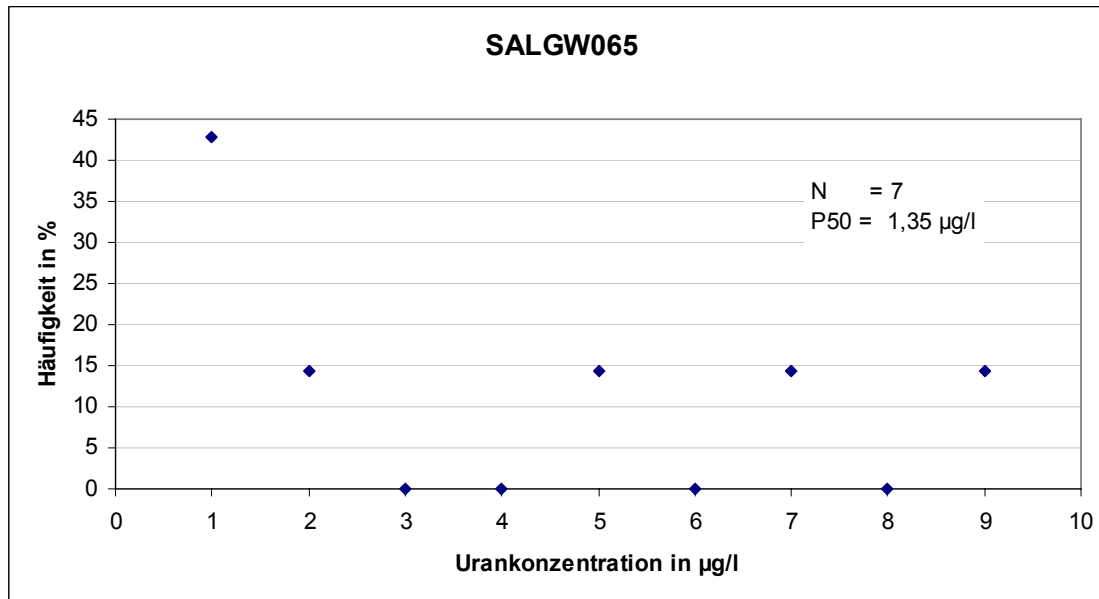
Abbildung 3:
Häufigkeitsverteilung der Medianwerte im GWK »SAL GW 014a«



Die Verteilung der Uranwerte im Grundwasserkörper *Merseburger Buntsandsteinplatte (SAL GW 014a)* reicht von 0,089 bis 4,5 µg/l. Der Median beträgt 2,3 µg/l.

Abbildung 4:

Häufigkeitsverteilung der Medianwerte nach der Höhe der Urankonzentration für den GWK »SAL GW 065«



Im Grundwasserkörper *Kreide der Subherzynen Senke (SAL GW 065)* wurden Urankonzentrationen von 0,10 bis 11,0 µg/l ermittelt. Der Median liegt bei 1,35 µg/l.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an den bisher 33 berücksichtigten Grundwasserkörpern lassen sich abschließend wie folgt zusammenfassen:

Bezogen auf die Maximalwerte lassen sich 26 Grundwasserkörper in die Stufe 1 oder 2 der Klassifizierung einordnen.

Die Ergebnisse in 7 Grundwasserkörpern vertreten anhand ermittelter Maxima die Stufen 3 und 4. Davon berührt sind die Grundwasserkörper SAL GW 014 (Mansfeld-Querfurt-Naumburger Triasmulden und -platten), SAL GW 038 (Zechsteinrand der Thüringer Senke), SAL GW 015 (Hohenmölsener Buntsandsteinplatte), SAL GW 020 (Wettiner Permocarbon), SAL GW 042 (Freyburger Triasmulde) und SAL GW 048 (Buntsandstein Ostthüringens-Weiße Elster) sowie SAL GW 065 (Kreide der Subherzynen Senke).

Höchstwerte wurden an der Messstelle Schmon (Freyburger Triasmulde/ Landkreis Merseburg-Querfurt) mit 68,85 µg/l und an der Messstelle Emseloh (Zechsteinrand der Thüringer Senke/ Landkreis Sangerhausen) mit 54,27 µg/l Uran gemessen.

Die Messergebnisse an den Grundwassermessstellen in den GWK sind in /Anhang 2/ zusammengestellt.

7 Zuordnung der Messstellen zu den hydrogeologischen Bezugseinheiten

Grundlage dieses Berichtes bilden, wie zuvor schon erwähnt, Untersuchungsergebnisse aus der Beprobung an insgesamt 106 Messstellen.

Die nachfolgende Übersicht gibt die Aufteilung dieser Messstellen nach ihrem Standort im Fest- oder Lockergesteinsbereich an.

Tabelle 3:

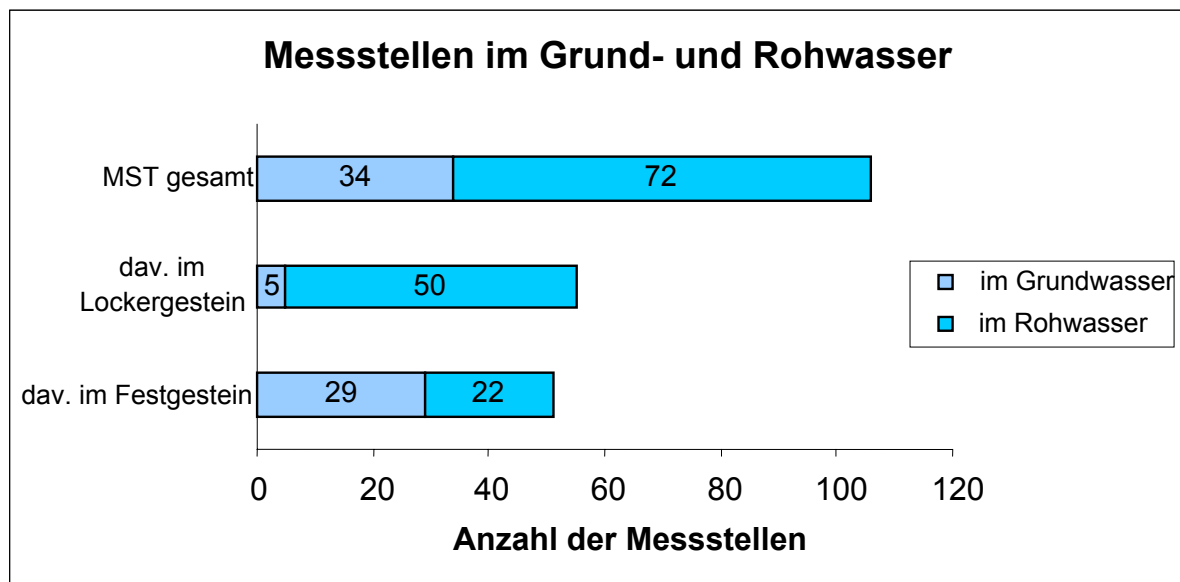
Aufteilung der Messstellen nach Standort im Fest- oder Lockergestein

Lage der Messstelle	Anzahl gesamt	davon im Festgestein	davon im Lockergestein
Grundwasser	34	29	5
Rohwasser	72	22	50
Summe	106	51	55

Daran ist deutlich zu erkennen, dass sich die Grundwassermessstellen zum überwiegenden Teil im Bereich des Festgesteins befinden, während die Messstellen der Rohwasseruntersuchungen vorwiegend das Lockergestein repräsentieren. Nachfolgende Abbildung verdeutlicht nochmals dargelegte Zuordnung der Messstellen:

Abbildung 5:

Aufteilung der Messstellen nach Standort im Fest- oder Lockergestein



Auswertung der Ergebnisse

Zur Auswertung der vorliegenden Daten in den jeweiligen hydrogeologischen Bezugseinheiten wurde sich (siehe auch Kap.4 und 5) an der Methodik (1) orientiert.

Aufgrund der inhomogenen Datenlage und trotz größtenteils zu geringer Datenreihen wurde für jede Messstelle der Medianwert betrachtet und in den hydrogeologischen Bezugseinheiten berücksichtigt.

Auf die vorherige Umrechnung in die Massenkonzentration bei vorliegender Aktivitätskonzentration wurde in Kap. 4 bereits hingewiesen.

Für jede Bezugseinheit wurde auf der Grundlage der Medianwerte jeder Messstelle das 50- Perzentil (Median = P 50 [$\mu\text{g/l}$])⁴ und das 90- Perzentil (P 90 [$\mu\text{g/l}$])⁵ sowie das Minimum und der Maximalwert ermittelt.

Die Messstellen lassen sich zu acht hydrogeologischen Bezugseinheiten wie folgt einordnen:

- In zwei hydrogeologischen Bezugseinheiten (*saure Magmatite und Metamorphite* sowie *Sandsteine und silikatische Wechselfolgen*) sind jeweils nur eine bzw. zwei Messstellen vertreten.
- Drei hydrogeologische Bezugseinheiten (*tertiäre Sedimente, Kalksteinfohlen des Muschelkalk* und *paläozoische Sedimentgesteine*) verfügen über sechs, acht bzw. neun auswertbare Messstellen.
- Die *Sandsteinfohlen des Buntsandsteins* (mit 31 Messstellen), *Sande und Kiese des Norddeutschen Flachlandes* (25 Messstellen) und *quartäre Sedimente der Flussauen* (24 Messstellen) lassen eine statistisch gesicherte Auswertung der Messstellen zu.

Die Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Medianwerte erfolgte nur für die hydrogeologischen Bezugseinheiten, die über eine gesicherte Datengrundlage verfügen (siehe Abb.6 bis 8).

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Zuordnung der Messstellen zu den für Sachsen-Anhalt relevanten hydrogeologischen Bezugseinheiten und vermittelt einen Vergleich statistischer Ergebnisse Sachsen-Anhalts mit den bundesweiten Auswertungen:

⁴ Das 50. Perzentil (P 50) bedeutet, dass 50 % aller Messwerte in der betreffenden Bezugseinheit unter diesem Wert liegen. Der Median teilt damit die Häufigkeitsverteilung in zwei gleich große Fraktionen.

⁵ Das 90. Perzentil (P 90) bedeutet, dass sich 90 % aller beobachteten Messwerte unterhalb dieses Wertes befinden.

Tabelle 4:
Datenanalyse in den hydrogeologischen Bezugseinheiten

BZE	N		Minimum		P50		P90		Maximum	
	BRD	LSA	BRD	LSA	BRD	LSA	BRD	LSA	BRD	LSA
Sande und Kiese des Norddeutschen Flachlandes	790	25	0,001	0,009	0,02	0,32	1,20	2,69	1134,00	5,35
quartäre Sedimente der Flussauen	463	24	0,06	0,04	1,30	2,30	4,40	5,14	58,00	23,49
tertiäre Sedimente	575	6	0,0003	0,023	0,90	1,23	3,00		23,00	19,00
Kalksteine des oberen Jura										
Sandsteine und silikatische Wechselfolgen	457	2	0,0003	0,10	0,70		7,20		1450	0,54
karbonatische Wechselfolgen										
Kalksteinfoolgen des Muschelkalk	398	8	0,02	0,24	0,80	2,33	1,80		11,8	8,0
Sandsteinfofolgen des Buntsandstein	402	31	0,0003	0,081	0,30	6,44	3,60	23,09	71,4	68,85
paläozoische Sedimentgesteine	62	9	0,0003	0,01	0,16	0,11	14,90		91	18,63
paläozoische Kalksteine										
basische Vulkanite										
saure Magmatite und Metamorphite	627	1	0,0003	0,8	0,03		0,57		35,00	0,8

BZE hydrogeologische Bezugseinheit
N Anzahl der Messstellen je BZE
Minimum kleinster Wert in µg/l
P50 50 Perzentil in µg/l (Ausweisung ab 3 Messwerten in BZE)
P90 90 Perzentil in µg/l (Ausweisung ab 11 Messwerten in BZE)
Maximum größter Wert in µg/l
LSA Land Sachsen-Anhalt

Im Vergleich mit den bundesweiten Ergebnissen weisen die Ergebnisse für Sachsen-Anhalt beim 50-Perzentil in fünf hydrogeologischen Bezugseinheiten leicht bis deutlich höhere Werte auf.

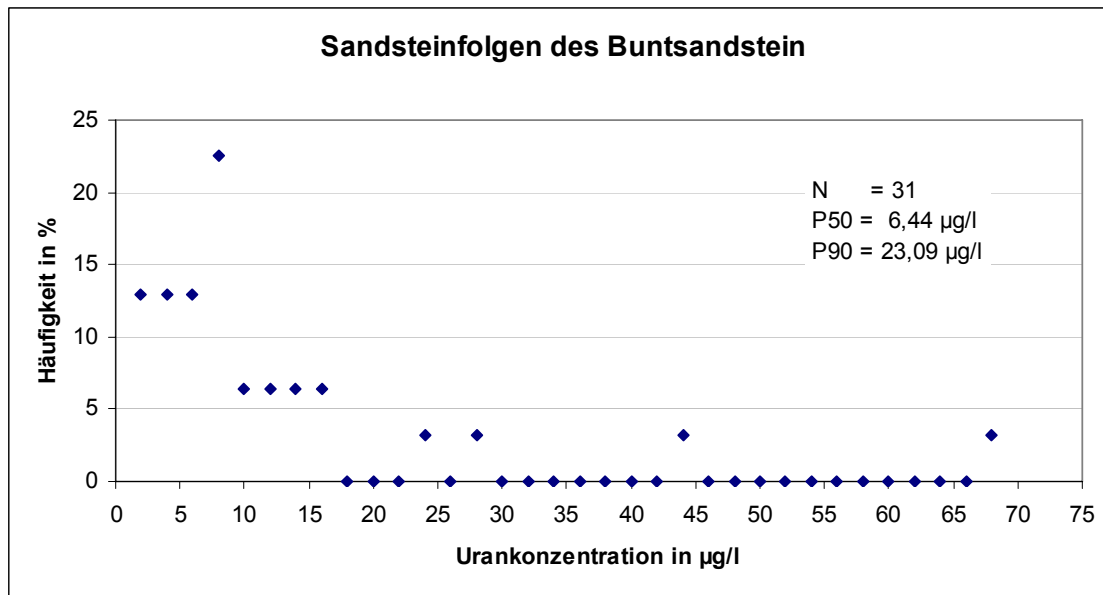
Dieser Vergleich muss und darf allenfalls nur als ein Versuch angesehen werden, der nicht überbewertet werden darf. Als Gründe hierfür müssen genannt werden die heterogene Datenlage, die noch sehr geringe Anzahl der einbezogenen Messstellen sowie eine unterschiedliche und größtenteils noch unzureichende Datendichte. Demzufolge ist auch die Relevanz der statistischen Aussagen stark eingeschränkt zu bewerten. Da bei einer Reihe von Bezugseinheiten die Messwerte nicht flächenrepräsentativ vorliegen, dürfen die Ergebnisse nicht auf alle Grundwasserleiter bezogen werden.

Analog der in (1) bundesweit aufgeführten Verteilungen der Urankonzentrationen wurden für die vergleichbaren Bezugseinheiten mit repräsentativer Messstellenbelegung die Häufigkeitsverteilung für Sachsen-Anhalt in den nachfolgenden Abbildungen 6 bis 8 dargestellt.

In allen drei Darstellungen sind asymmetrische, rechtsschiefe Konzentrationsverteilungen erkennbar. Die geringsten Urankonzentrationen liegen dabei in den Sanden und Kiesen des Norddeutschen Flachlandes vor. Die höchsten Werte weisen die Sandsteinfoolgen des Buntsandstein auf.

Abbildung 6:

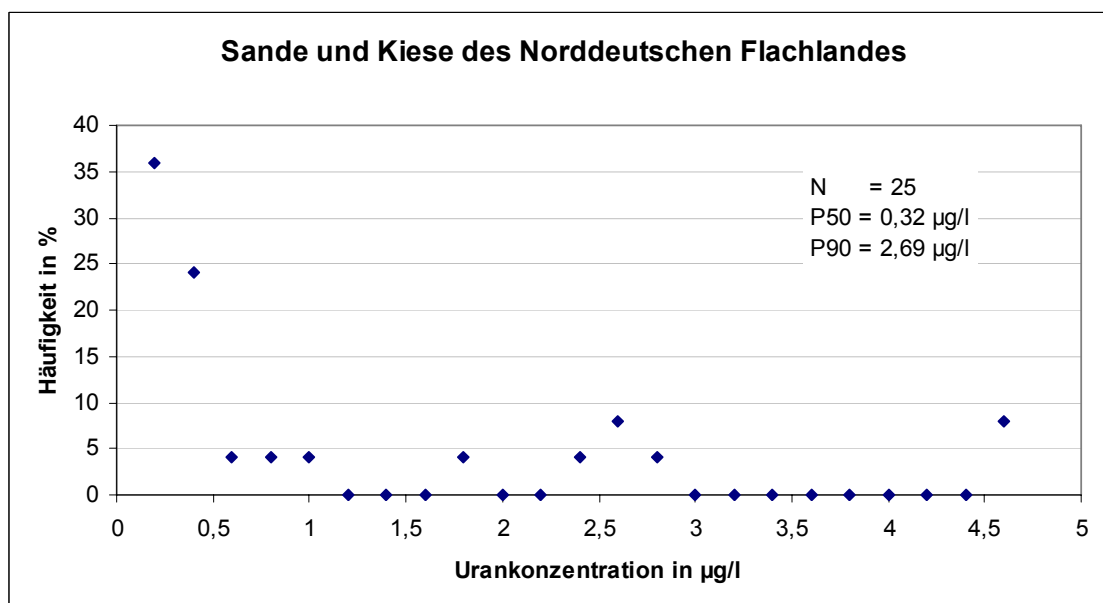
Häufigkeitsverteilung der Medianwerte in den »Sandsteifolgen des Buntsandstein«



Die hier für das anstehende Festgestein ermittelten Uranwerte bewegen sich im Bereich von 0,081 bis 68,85 µg/l. Der Median beträgt 6,44 µg/l.

Abbildung 7:

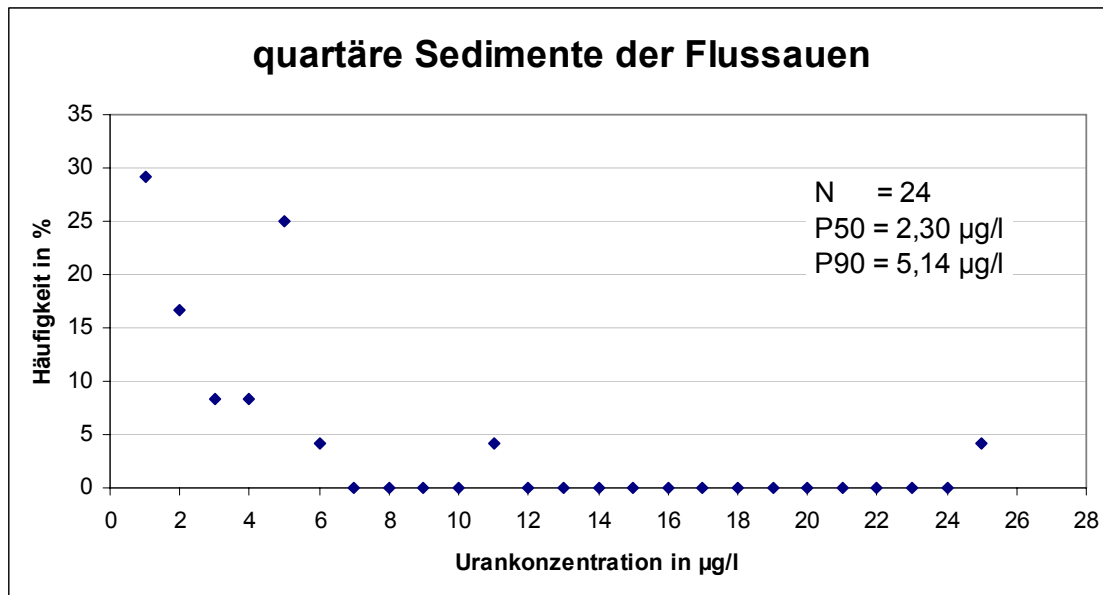
Häufigkeitsverteilung der Medianwerte in den »Sanden und Kiesen des Norddeutschen Flachlandes«



Die in dieser Bezugseinheit des Lockergesteins gewonnenen Urankonzentrationen liegen in einer Spannweite von 0,009 bis 5,35 µg/l bei einem Median von 0,32 µg/l vor.

Abbildung 8:

Häufigkeitsverteilung der Medianwerte in den »quartären Sedimenten der Flussauen«



Die gleichfalls für das Lockergestein präsente Einheit weist Uranwerte im Bereich von 0,04 bis 23,49 µg/l auf. Der Median beträgt hier 2,3 µg/l.

8 Zusammenfassung

Nach Auswertung aller in diesem Bericht verwendeten Daten der verschiedenen Behörden und Unternehmen hinsichtlich der in Sachsen-Anhalt natürlich vorkommenden Urankonzentrationen im Grundwasser wird festgestellt:

- 87 % (=92) der untersuchten Messstellen (106) sind anhand der festgestellten Urankonzentrationen im Grund- und Rohwasser in die Stufen 1 und 2 der gewählten Bewertungsmatrix einzuordnen.
- In der Stufe 3 der Klassifizierung liegen 8 % (=9) der analysierten Messstellen.
- Der Stufe 4 sind 5 % (=5) der untersuchten Messstellen zuzuordnen.
- Die vorliegenden Ergebnisse im Betrachtungszeitraum 2002 bis 2005 geben einen ersten Überblick über die geogen-ubiquitäre Verteilung der Hintergrundwerte im Grundwasser für ausgewählte Grundwasserkörper des Landes. Auf Grund der größtenteils noch sehr geringen Datenlage sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch keine flächendeckenden Aussagen möglich. So liegen Untersuchungsergebnisse erst für 33 von insgesamt 76 ausgewiesenen Grundwasserkörpern vor. Darunter befinden sich allein 24 Grundwasserkörper, für die bisher nur Ergebnisse von 1 bis 3 Messstellen vorliegen.

- Ähnlich gestaltet sich auch das Bild der Zuordnung der Messergebnisse zu den bisher berücksichtigten hydrogeologischen Bezugseinheiten. So gibt es hydrogeologische Einheiten, in denen derzeit noch keine Messstellen in die Untersuchungen einbezogen worden sind. Einige weisen nur wenige auf Uran untersuchte Messstellen (1-10) auf. Insgesamt drei hydrogeologische Bezugseinheiten verfügen mit einer Messstellenanzahl >20 über ausreichende und somit repräsentative Messergebnisse für Uran.
- Der Vergleich der bundesweit ausgewerteten Daten zu Uran mit den Werten aus Sachsen-Anhalt ist nur als eine grobe Orientierung anzusehen und sollte keinesfalls überbewertet werden. Die Gründe hierbei liegen sowohl bundesweit als auch für Sachsen-Anhalt an den sehr inhomogen vorliegenden Messwerten.
Daraus resultierend ist auch die Relevanz der statistischen Aussagen stark eingeschränkt zu bewerten. So liegen auch die Messwerte bei einer Reihe von Bezugseinheiten nicht flächenrepräsentativ vor, so dass die Ergebnisse nicht auf alle Grundwasserleiter bezogen werden können.
- Die aktuellen Messergebnisse haben im Vergleich mit Werten aus bereits früheren Untersuchungen für Sachsen-Anhalt bestätigt, dass in einigen Regionen des Landes wie erwartet höhere geogen-ubiquitäre Urankonzentrationen im Grundwasser vorliegen. Dazu gehören insbesondere die durch den Altbergbau geprägten Regionen im Südteil des Landes einschließlich des Gebietes im ÖGP Mansfelder Land.
- Alle bisher untersuchten Rohwässer wären, nur unter dem Blickwinkel der Urankonzentration betrachtet, ohne jede Einschränkung zur öffentlichen Trinkwasserversorgung geeignet.
Die ermittelten Konzentrationen in den diesbezüglichen Wasserproben liegen im Bereich der Stufe 1 und 2 und damit größtenteils deutlich unterhalb des empfohlenen Trinkwasserleitwertes.

9 Schlussfolgerungen und Ausblick

- Die im Betrachtungszeitraum durchgeführten Untersuchungen können nur als ein erster Schritt zur Ausweisung landesweiter geogen-ubiquitärer Hintergrundwerte für Uran im Grundwasser angesehen werden.
- Zur weiteren Schließung des noch vorhandenen Datendefizits wird die Fortsetzung der bisherigen Untersuchungen auf Uran im Grundwasser in den Grundwasserkörpern des Landes für zwingend notwendig eingeschätzt.
- Bisher wurde erst in weniger als der Hälfte der ausgewiesenen Grundwasserkörper Sachsen-Anhalts Untersuchungen auf Uran im Grundwasser durchgeführt. Eine repräsentative Aussage für das Land ist somit gegenwärtig nur sehr eingeschränkt möglich.

- Aus zuvor genannten Gründen wird empfohlen, alle bisher noch nicht berücksichtigten oder nur wenig untersuchten Grundwasserkörper in einer noch festzulegenden Rang- und Reihenfolge detailliert zu untersuchen.
- Die Weiterführung sollte schrittweise erfolgen und im jährlich aufzustellenden Gewässerüberwachungsprogramm des Landes berücksichtigt werden.
- Als Grundlage für weitere Untersuchungen wird vorgeschlagen, Messstellen aus dem Überblicksmessnetz auszuwählen, um entsprechende Aussagen für die Grundwasserkörper treffen zu können. Bei der Auswahl der Messstellen ist auch die Lage in den Hydrogeologischen Bezugseinheiten zu berücksichtigen.
- Die Einbindung von Rohwasserdaten als Ergänzung und zur Verdichtung der Grundwasseruntersuchungen hat sich bewährt und sollte jährlich fortgesetzt werden.
- An Messstellen mit erhöhten geogen-ubiquitären Hintergrundwerten ($>20 \mu\text{g}$ Uran /l) sollten Untersuchungen regelmäßig (alle 3 Jahre) fortgeführt werden. Die gleiche Vorgehensweise wird für die im Bericht aufgeführten Stollen empfohlen.

Glossar

Aktivität	Die Aktivität gibt an, wie viele Kerne eines radioaktiven Nuklids in einer Sekunde zerfallen. Die Einheit ist das Becquerel. (1 Bq = 1 Zerfall / Sekunde)
EPA	Environmental Protection Agency (Umweltschutzbehörde in den USA)
EU-WRRL 2000/60/EWG	WRRL – Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. Nr. L 327 vom 22/12/2000 S. 0001 – 0073)
Festgestein	nicht zersetztes Felsgestein mit wenig Hohlräumen (z. B. Granit).
geogen	natürlich; durch erdgeschichtliche Vorgänge bewirkt / entstanden
geogen-ubiquitär	über Jahrzehnte durch menschliche Nutzungen hervorgerufene Überprägung des natürlichen Zustandes
Grundwasser (GW)	Alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht.
Grundwasserkörper (GWK)	Ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter.
Grundwasserleiter (GWL)	Eine unter der Oberfläche liegende Schicht oder Schichten von Felsen oder anderen geologischen Formationen mit hinreichender Porosität und Permeabilität, so dass entweder ein nennenswerter Grundwasserstrom oder die Entnahme erheblicher Grundwassermengen möglich ist
HÜK 200	Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland im Maßstab 1:200.000
GÜSA	Gewässerüberwachungsprogramm Sachsen-Anhalt
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem des Bundes zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt
Isotope	Isotope - die Atome eines Elementes unterscheiden sich nur durch die Anzahl ihrer Neutronen im Kern; die chemische Eigenschaften sind identisch
Lockergestein	Lockergestein ist ein Gemenge von Mineralien und bzw. oder Gesteinsbruchstücken und bzw. oder organischen Bestandteilen ohne mineralische Bindung. Ein Zerlegen der mineralischen Anteile nach Korngrößen ist möglich. Ein weiteres Merkmal ist die überwiegende Punktberührung der Teilkörper. ⁵

⁵ Definition nach: Bernhard Maidl: Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus. Band I (396 p.) und II, Verlag Glückauf, Essen 1988/1994 und 2004/05

Median	Der Median oder Zentralwert bezeichnet eine Grenze zwischen zwei gleich großen Hälften. Er kann mit dem Mittelwert zusammenfallen, kann aber auch unterschiedlich sein.
MP	Mittelpegel
ÖGP Mansfelder Land	Ökologisches Großprojekt Mansfelder Land
OP	Oberpegel
Perzentil	In der Statistik bezeichnet man für eine Wahrscheinlichkeitsfunktion das p%-Quantil (oder auch p-tes Perzentil oder Fraktile) als jenen Wert des Ereignisraumes, dem ein Wert von p% der Verteilungsfunktion zugeordnet ist. Es sind dann p% der Beobachtungen oder der Grundgesamtheit kleiner als das p%-Quantil.
P 50	Das 50. Perzentil (P 50) bedeutet, dass 50 % aller Messwerte in der betreffenden Bezugseinheit unter diesem Wert liegen. Der Median teilt damit die Häufigkeitsverteilung in zwei gleich große Fraktionen.
P 90	Das 90. Perzentil (P 90) bedeutet, dass sich 90 % aller beobachteten Messwerte unterhalb dieses Wertes befinden.
Rohwasser	Gewonnenes unbehandeltes Wasser, bevor es (bspw. zum Zweck der Trinkwassergewinnung) gereinigt oder aufbereitet wird.
Schwermetall	Schwermetalle - Metalle, deren Dichte größer oder gleich 5 /cm^3 ist
Theisenschlamm	Beim reduzierenden Schmelzen des Kupferschiefererzes aus Kupfererzstein neben Schlacke, Eisensau und Gichtgas anfallender sulfidischer bleizinkhaltiger Flugstaub, der nass abgeschieden wird.
TrinkwV	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 21. Mai 2001 (BGBl. I Nr. 24 vom 28.05.2001 S. 959) zuletzt geändert am 31. Oktober 2006 durch Artikel 363 der Neunten Zuständigkeitsanpassungsverordnung (BGBl. I Nr. 50 vom 07.11.2006 S. 2407)
UP	Unterpegel
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)
1 µg/l	1×10^{-6} Gramm pro Liter
1 Bq/l	Maßeinheit für die Aktivitätskonzentration in einer Volumeneinheit 1 Zerfall / Sekunde / Liter (einer radioaktiven Substanz)

Quellenverzeichnis

1. **Länderübergreifende Auswertungen der Urankonzentrationen in den Grundwässern Deutschlands**
Forschungszentrum Jülich GmbH, Kunkel und Wendland, 2005
2. **Zwischenbericht zur Messung der Radioaktivität der Stollenwässer ehemaliger Bergbaustollen in den südlichen Teilen Sachsen-Anhalts**
LAU- Bericht an MLU, Gragert, 2001, unveröffentlicht
3. **Ermittlung und Bewertung der Belastungen durch Radionuklide im Bereich des Risikogebietes 3 – ÖGP Mansfelder Land**
ARGE GFE/IHU/HPC, Anhang 5 des Endberichtes „Risikogebiet 3 - ÖGP Mansfelder Land, 2006, unveröffentlicht
4. **Uran in Wässern- Untersuchungen in ostdeutschen Flüssen und Grundwässern**
Gellermann/Stolz, HGN Braunschweig/ Bergakademie Freiberg, Zeitschrift Umweltchemie/Ökotox. 9 (2), Seiten 87-92, 1997
5. **Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland**
ARGE Forschungszentrum Jülich GmbH/BTU/HYDOR, Kunkel, Voigt, Wendland und Hannappel, 2004
6. **Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe vom 27.Juni 1967**
ABl. 196 vom 16.08.1967, S. 1-98
7. **Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 3.November 1998**
ABl. EG Nr. L 330 vom 05.12.1998, S. 32
8. **Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) vom 21.Mai 2001**
BGBl. Jahrgang 2001 Teil I Nr. 24, ausgegeben am 28.05.2001
9. **Ausführungsbestimmungen zur Trinkwasserverordnung (AB TrinkwV 2001)**
Runderlass (RdErl.) des MS vom 14.Januar 2003-21-41607-2
MBl. LSA Nr. 14/2003 vom 31.03.2003
10. **Vorschlag für einen gesundheitlichen Leitwert für Uran im Trinkwasser**
Umweltbundesamt, Konietzka, Dieter und Voss, 2005,
Aus: Umweltmed. Forsch Prax. 10 (2) 2005
11. **Untersuchungsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt „Uran im Trinkwasser“**
Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt, 2005

12. Radioaktive Stoffe und die Trinkwasserverordnung

Aurand und Rühle, 2003

Aus: Die Trinkwasserverordnung- Einführung und Erläuterungen für Wasser-
versorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden

13. Hydrogeologische Übersichtskarte von Deutschland 1:200.000 (HÜK 200)

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Staatliche Geologi-
sche Dienste der Länder, 2003, unveröffentlicht

Übersichtskarte Urankonzentrationen im Grundwasser in Sachsen-Anhalt

Grundwasserkörper gemäß
EG-WRRL in Sachsen-Anhalt



Messstellen im

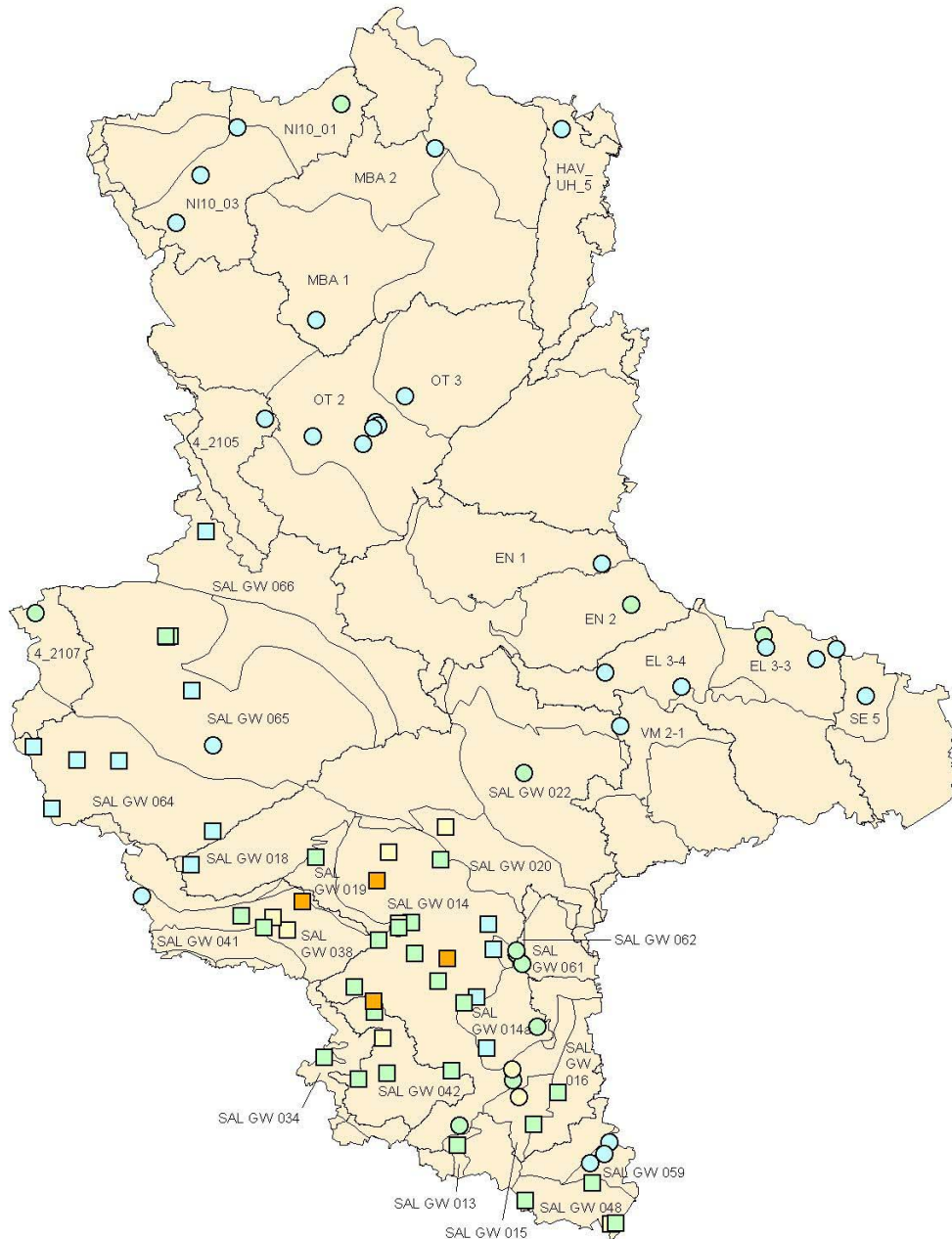
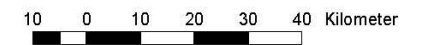
○ Lockergestein

□ Festgestein

Urankonzentration an den Messstellen
(Medianwert)



Maßstab 1:900000



SACHSEN-ANHALT

Auftraggeber : Landesbetrieb für Hochwasserschutz und
Wasserwirtschaft
Erarbeitung : Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Messergebnisse Urankonzentrationen im Grundwasser Sachsen-Anhalt 2002 – 2005

Lfd_Nr	NAME_MST	GWK	HW	RW	U-ges-F-02	U-ges-H-02	U-ges-F-03	U-ges-H-03	U-ges-F-04	U-ges-H-04	U-ges-F-05	U-ges-H-05	GWL
1	Aseleben OP	SALGW014	5705191	4477434					4,698	1,134			Unterer Buntsandstein
2	Aseleben UP	SALGW014	5705195	4477436					3,969	2,754			Zechstein
3	Auligk	SALGW059	5663580	4515070							0,891	0,2349	Obereozän/Pleistozän
4	Emseloh	SALGW038	5709189	4456840							29,97	54,27	Unterer Buntsandstein
5	Erdeborn MP	SALGW014	5705108	4475161					15,39	7,209			Unterer Buntsandstein
6	Erdeborn OP	SALGW014	5704352	4475169					23,49				Quartär
7	Erdeborn UP	SALGW014	5704353	4475165						4,779			Zechstein
8	Esperstedt	SALGW014	5699446	4478111							0,2673	3,321	Unterer Muschelkalk
9	Freyburg	SALGW042	5677066	4485050	3,564		2,673						Unterer Muschelkalk
10	Friedhof HaNeu	SALGW014	5704945	4492100					0,2511	0,243			Unterer Muschelkalk
11	Göbitz	SALGW059	5661348	4514232							0,06561	0,02268	Mittlereozän
12	Grockstädt	SALGW042	5688337	4470486	8,91		6,48						Oberer Buntsandstein
13	Helmsdorf	SALGW014	5718546	4473259					15,39	11,34			Mittlerer Buntsandstein
14	Holleben	SALGW014	5700197	4493068	0,1134		0,081						Mittlerer Buntsandstein
15	Hornburg	SALGW014	5701956	4471372							5,427	6,399	Mittlerer Buntsandstein
16	Kloschwitz, Solquelle	SALGW014	5717140	4483110					8,1	2,349			Unterer Buntsandstein
17	Leiha	SALGW014a	5681409	4491725							0,1296	0,0891	Oberer Buntsandstein
18	Lodersleben, Roter Born	SALGW014	5693040	4466660	3,321		2,835						Mittlerer Buntsandstein
19	Nebra	SALGW042	5683382	4472074					17,82	9,72			Mittlerer Buntsandstein
20	Neidschütz, Teufelsquelle	SALGW013	5663000	4486170							2,349	3,483	Unterer Muschelkalk
21	Obernessa	SALGW015	5667015	4500686	3,24		3,645						Mittlerer/Unterer Buntsandstein
22	Othal	SALGW038	5703789	4454007							14,58	17,01	Unterer Buntsandstein
23	Rothenburg	SALGW020	5723331	4483953							18,63	18,63	Oberkarbon
24	Sangerhausen, Stollen	SALGW041	5704220	4449560					9,72	3,159			Unterer Buntsandstein
25	Saubach	SALGW042	5675526	4467574	8,91		8,1						Mittlerer Buntsandstein
26	Schafstädt	SALGW014	5694155	4482655	2,43		3,321						Unterer Muschelkalk
27	Schmon	SALGW042	5690342	4470289	64,8		66,42		68,85	65,61			Mittlerer Buntsandstein
28	Steuden	SALGW014	5698363	4484405							22,68	31,59	Mittlerer Buntsandstein
29	Taucha	SALGW016	5673086	4505288	6,804		6,48						Mittlerer Buntsandstein
30	Vatterode/Forsthaus	SALGW019	5717667	4459464	1,944		2,43						Oberkarbon
31	Volkstedt	SALGW014	5713128	4471025					22,68	23,49			Unterer Buntsandstein
32	Zangenberg	SALGW059	5659738	4511454							0,4698	0,7857	Obereozän
33	Lengefeld*	SALGW038	5706456	4445274	7,614	1,296	7,29	5,994	8,91	7,857	5,346	8,1	Unterer Buntsandstein
34	Seyda*	SE5	5748353	4563746	0,081	0,1701	0,1134	0,1377	0,03726	0,0486	0,2349	0,1539	Saalekaltzeit

OP = Oberpegel
 UP = Unterpegel
 MP = Mittelpegel

	≤ 1 µg/l
	> 1 µg/l ... ≤ 10 µg/l
	> 10 µg/l ... ≤ 20 µg/l
	> 20 µg/l

U-ges-F-02 Wert aus Frühjahrmessung 2002
 U-ges-H-02 Wert aus Herbstmessung 2002

* hier liegen zusätzlich Messwerte ab 1996 vor, da diese Messstellen im Rahmen des IMIS-Messprogrammes untersucht werden

Danksagung

Unser Dank gilt allen Fachkolleginnen und -kollegen aus verschiedenen Behörden und Wasserversorgungsunternehmen, die durch Bereitstellung von umfangreichen Daten, Analysenwerten und Informationen innerhalb kürzester Fristen zum Gelingen dieses Berichtes beigetragen haben.